



ACTAS

XV CONGRESO INTERNACIONAL INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR

<http://interaccion2014.ull.es/>

**Puerto de la Cruz, Tenerife, España
10 al 12 de Septiembre de 2014**

Organizan:



Colaboran:



**Actas del XV Congreso Internacional de
Interacción Persona-Ordenador**

Editores: Carina González González (Coord.), César Collazos Ordoñez, Habib Fardoun, Martín Llamas Nistal, Carlos Vaz de Carvalho, Pedro Latorre, Inmaculada Perdomo.

© De los textos, sus autores

© De la edición, AIPO

ISBN 10: 84-697-1072-9

ISBN 13: 978-84-697-1072-2

Editado y publicado por:

Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO)

Maquetación: Manlio Joaquín García González



Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas

Índice de contenidos

Prólogo	1
Foreword	4
Prefácio	7
Comités	10

Conferencias invitadas

Computers with emotional intelligence.	19
<i>Peter Robinson.</i>	
Importancia de los canales alternativos de interacción con el computador en personas con discapacidad.	20
<i>Ramón Ceres.</i>	
Usability versus User Experience: Theory and Practice.	22
<i>Cristian Rusu.</i>	
Grupos de tecnología By Google.	24
<i>Mariel Martínez.</i>	
(h)adas. Mujeres que crean, programan, prosumen, teclean.	27
<i>Remedios Zafra.</i>	
Análisis y Minería de Datos en los Sistemas Educativos.	29
<i>Sebastián Ventura.</i>	
eGames applied to interaction strategies in practice. Digital anthropology and actual learning.	30
<i>Daniel Burgos.</i>	

Comunicaciones

Accesibilidad y Sistemas Adaptativos

Adaptation rules for Accessible Media Player Interface.	33
<i>María González García, Lourdes Moreno and Paloma Martínez Fernández.</i>	

FiPaWeb. Un método para filtrar páginas web en base a las necesidades del usuario.	41
<i>María Rosalía Gema Romagnano, Silvana Vanesa Aciar and Martín Gustavo Marchetta.</i>	
Development of EMG-Based Speller.	45
<i>Mindaugas Vasiljevas, Rutenis Turcinas and Robertas Damasevicius.</i>	
Impacto de las barreras de accesibilidad web en usuarios con discapacidad auditiva.	49
<i>Afra Pascual, Mireia Ribera and Toni Granollers.</i>	
Learning Analytics for Accessibility.	53
<i>Martyn Cooper, Rebecca Ferguson and Annika Wolff.</i>	
Interface Personalization through Inclusive User Modelling Web Service.	61
<i>Pradipta Biswas.</i>	
Recomendador de usuarios en base a la información introducida en los fóruns.	65
<i>Silvana Aciar, Gabriela Aciar, Cesar Collazo and Carina González.</i>	
A Vibrotactile Interface to Motivate Movement for Children with Severe to Profound Disabilities	69
<i>Cristina Manresa-Yee, Ann Morrison, Jeppe Veirum Larsen and Javier Varona.</i>	

Sistemas Colaborativos y CSCL

Evaluando el soporte al awareness del sistema de programación colaborativa COLLECE con técnicas de eye tracking.	74
<i>Ana Isabel Molina Díaz, Jesús Gallardo Casero, Miguel Ángel Redondo Duque and Crescencio Bravo Santos.</i>	
Marco para la Evaluación de Sistemas m-learning: análisis de la situación y propuesta.	82
<i>Christian Navarro, Ana Isabel Molina and Miguel Angel Redondo.</i>	
Estrategias de colaboración en interfaces multitáctiles para incentivar la interacción social entre jóvenes con autismo.	90
<i>Greis F. Mireya Silva, Alberto Raposo and Maryse Suplino.</i>	
Estudios de Caso en la Determinación y Evaluación de Procesos Colaborativos en el Contexto del Desarrollo de Software	98
<i>Julio Hurtado and Cesar Collazos.</i>	
Un Modelo Arquitectónico para la Producción Colaborativa de Contenidos Digitales en Alfabetización Digital.	106
<i>Guzmán Mendoza José Eder, Jaime Muñoz-Arteaga, Álvarez Rodríguez Francisco Javier and Collazos Ordoñez Cesar Alberto.</i>	

Examination of Computer Supported Collaborative Business Process Modeling with Activity Theory.	114
<i>Duygu Fındık Coşkunçay and Murat Perit Çakır.</i>	

Interfaces Emocionales

Empatheticons: Designing Emotion Awareness Tools for Group Recommenders.	123
<i>Yu Chen, Xiaojuan Ma, Alfredo Cerezo and Pearl Pu.</i>	
From Analogue to Digital: Emotions and Phenomena Influencing the Acceptance of Near-Field Communication Technology.	131
<i>Annamaria Andrea Vitali and Lucio Bianchi.</i>	
Navegación emocional en narrativas no-lineales: un caso de estudio sobre la influencia del color.	135
<i>Carina González, Víctor Socas-Guerra and Sara Caratelli.</i>	
Emociones Evocadas Durante el Uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje.	139
<i>Yenny Mendez, César Collazos, Toni Granollers and Rosa Gil.</i>	
Generación de textos adaptativa basada en la elección léxica emocional.	143
<i>Susana Bautista, Pablo Gervás and Alberto Díaz.</i>	
Metodología de evaluación emocional en actividades educativas y rehabilitadoras para personas con Síndrome de Down.	147
<i>Pablo Torres-Carrión, Carina González, Alberto Mora.</i>	

Usabilidad y Experiencia de Usuario

Potential Individual Differences Regarding Automation Effects.	152
<i>Moritz Körber and Klaus Bengler.</i>	
Evaluación de estándares HMI: Aplicación de la guía GEDIS a los Sistemas SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias.	159
<i>Said Filali Yachou, Carina González and Carlos Lecuona Rebollo.</i>	
Integrating Field Studies In Agile Development To Evaluate The Usability Of Context Dependant Mobile Applications.	163
<i>Juan Miguel López, Maite Urretavizcaya, Begoña Losada and Isabel Fernández-Castro.</i>	
How to classify to experts in usability evaluation.	171
<i>Federico Botella, Eloy Alarcon and Antonio Peñalver Benavent.</i>	
A Usability Study Case of a Vision-Based Gesture Interface.	175
<i>Pere Ponsa, Carlos Urbina, Cristina Manresa-Yee and Ramon Vilanova.</i>	

A Case Study on Cross-Platform Development Frameworks for Mobile Applications and UX.	179
<i>Esteban Angulo and Xavier Ferre.</i>	
Propuesta para evaluar la satisfacción de uso en Entornos Virtuales de Aprendizaje.	187
<i>Andrés Felipe Aguirre Aguirre, Angela Villareal, Cesar A. Collazos and Rosa Maria Gil.</i>	
Evaluation of Disambiguation Mechanisms of Object-Based Selection in Virtual Environment: Which Performances and Features to Support “Pick Out”?	194
<i>Zouhair Serrar, Nabil Elmarzouqi, Zabi Jarir and Jean-Christophe Lapayre.</i>	

IPO y Videojuegos / Serious Games

Evaluación Continua en Videojuegos Educativos. Una aproximación basada en Juegos de Rol.	203
<i>José Rafael López-Arcos, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Natalia Padilla-Zea, Nuria Medina Medina and Patricia Paderewski.</i>	
Realidad Aumentada en Videojuegos Educativos basados en el Contexto.	211
<i>Antonio Jesús Soriano Marín, José Luis González Sánchez and Francisco Luis Gutiérrez Vela.</i>	
NFCBOOK: Libro Juego Digital basado en Interfaces de Usuario Tangibles.	216
<i>Elena de La Guía, María-Dolores Lozano and Víctor M. R. Penichet.</i>	
Lenguaje de Modelado de Juegos de Tablero Híbridos.	224
<i>Javier Marco, Eva Cerezo and Sandra Baldassarri.</i>	

IPO y Salud

Evaluación de una herramienta de soporte a usuarios con Necesidades Complejas de Comunicación.	233
<i>Sandra Baldassarri, Javier Marco, Eva Cerezo and Lourdes Moreno.</i>	
Modelo de Visualización para el Aprendizaje de la Pronunciación con un Enfoque desde la Interacción Humano Computador.	237
<i>Sandra Cano, Gloria Inés Álvarez and César Collazos.</i>	
SMD-Saúde: Sistema de Mídias Digitais para a Área da Saúde.	243
<i>Marta Bez, Fernando R. Stabnke, Maria Priscila Rolim, Fernando Alex Helwanger and José Ernesto Barbosa.</i>	

Diseño y Desarrollo de Prototipo de una Habitación Hospitalaria Interactiva con Kinect.	248
<i>Julián Arcos Argoty and Pablo Figueroa.</i>	
Interacción Basada en Movimiento para la Rehabilitación de Levantarse desde el Estado de Sentado.	252
<i>José Antonio Fernández Valls, Víctor M. R. Penichet, Maria-Dolores Lozano and Carlos Gimena Bello.</i>	

Diseño de la Interacción

Bocetado para el diseño de interacciones enactivas.	261
<i>Andrés Rodríguez, Pascual González López and Gustavo Rossi.</i>	
Different interaction paradigms for different user groups: an evaluation regarding content selection.	269
<i>Diana Carvalho, Maximino Bessa and Luís Magalhães.</i>	
Hacia la obtención de patrones de interacción para el diseño de videojuegos soportados en Smartphones.	275
<i>Leandro Filigrana Balanta, Andrés Fernando Solano Alegría and César Alberto Collazos Ordoñez.</i>	
Un Modelo para la Generación Automática de Interfaces de Usuario Adaptadas a las Necesidades del Usuario y Sensibles al Contexto.	279
<i>Raul Miñon, Myriam Arrue and Julio Abascal.</i>	
Modelo de Facilitación del Proceso incluyendo elementos de la notación HAMSTERS.	283
<i>Andrés Solano, Toni Granollers, César Collazos and Cristian Rusu.</i>	
Enhancing Privacy Awareness through Interaction Design.	287
<i>Sandra Murillo.</i>	

Ingeniería de Software y de Sistemas 291

A Hybrid Adaptation Model For Universal Multimedia Access.	292
<i>Roberto Soto Barreiros, Manuel J. Fernández Iglesias and Luis E. Anido Rifón.</i>	
Mashup Architecture for Connecting Graphical Linux Applications Using a Software Bus.	300
<i>Mohamed Ikel Boulabiar, Gilles Coppin and Franck Poirier.</i>	
Semantic Web End-User Tasks.	304
<i>Alfons Palacios, Roberto García, Toni Granollers and Marta Oliva.</i>	
Empowering Interfaces for Network Security Administrators.	308
<i>Sandra Murillo.</i>	

Integración de la Calidad de Adaptación en un Proceso de Adaptación.	312
<i>Cristina Roda, Víctor López-Jaquero and Francisco Montero.</i>	
UP4VED: Método de Desarrollo basado en el Proceso Unificado y en Buenas Prácticas para la Construcción de Entornos Virtuales.	316
<i>Jesús David Cardona Quiroz, Luis Joyanes Aguilar, Héctor Castan Rodríguez and David Alejandro Castro Benavides.</i>	
Learning with an IT tool: analysis of the student's activity.	320
<i>Jean-François Hérold.</i>	
Generic Classifier Potential Users of Visual Systems.	324
<i>Laura Patricia Ramirez and Risto Fermin Rangel</i>	
Improving User-Insurance Communication on Accident Reports.	328
<i>Habib M. Fardoun, Daniyal Alghazzawi and Antonio Paules Cipres.</i>	

IPO y Educación

Modelo de Adaptación de Contenido Basado en Perfil Cultural en un Entorno de Aprendizaje.	334
<i>Laura Aballay, Silvana Aciar, Cesar A. Collazos and Carina González.</i>	
Interfaces Adaptativas Personalizadas para brindar Recomendaciones en Repositorios de Objetos de Aprendizaje.	338
<i>Oscar Salazar, Paula Andrea Rodríguez Marín, Demetrio Arturo Ovalle Carranza and Néstor Darío Duque Méndez.</i>	
A Systematic Review of Technology Acceptance Model in e-Learning Context.	342
<i>Nurcan Alkis, Duygu Fındık Coşkunçay and Sevgi Özkan Yıldırım.</i>	
A Review of Quantitative Empirical Approaches in Human-Computer Interaction.	346
<i>Javier Fernández Serrano, Silvia Teresita Acuña and José Antonio Macías.</i>	
Incorporación de HCI: un caso para Colombia.	354
<i>William Joseph Giraldo Orozco, Mónica Lorena Tobón Clavijo, Fáber Danilo Giraldo Velásquez, María Lili Villegas Ramírez, Alexandra Ruiz Gaona, Alexandra Guerrero Henao, Mónica Yulieth Cortés Idárraga and Cesar A. Collazos.</i>	

Dispositivos de Interacción y Sistemas Multimodales

DiscoverView Saudi: A new point of view of Saudi Arabia.	363
<i>Habib M. Fardoun, Abdullah Alghamdi and Lorenzo Carretero González.</i>	

Un sistema multisensor de geoposicionamiento multiusuario.	367
<i>Miguel Oliver, José Pascual Molina, Francisco Montero, Pascual González and Antonio Fernández-Caballero.</i>	
Testing Open-Source Implementations for Detection Response Tasks.	371
<i>Michael Krause, Antonia Conti, Moritz Späth and Klaus Bengler.</i>	
Sistema Inalámbrico de Realidad Virtual basado en un Conjunto Mínimo de Sensores.	375
<i>Ernesto de La Rubia Cuestas and Antonio Díaz-Estrella.</i>	
Comparativo Entre Os Tempos De Visualização Para Operar Dispositivos Com Interfaces Físicas E Dispositivos Com Displays Sensíveis Ao Toque Em Automóveis.	379
<i>Rafael Silva Duarte and Branca Freitas De Oliveira.</i>	
Conversational Structured Hybrid 3D Virtual Environments.	383
<i>Pablo Almajano, Inmaculada Rodríguez, Maite Lopez-Sanchez and Enric Mayas.</i>	
How efficient can be a user with a tablet versus a smartphone?.	391
<i>Federico Botella, Juan Pedro Moreno and Antonio Peñalver Benavent.</i>	
Identifying Optimal Attributes in 3D Interface Devices.	399
<i>Martin Henschke and Tom Gedeon.</i>	
An approach to improve user experience with conversational recommenders through a 3D virtual environment.	403
<i>David Contreras, María Salamo, Inmaculada Rodríguez and Anna Puig.</i>	

Demos / Posters

How to textually describe images in medical academic publications.	408
<i>Bruno Splendiani and Mireia Ribera.</i>	
An Unique Open Building Experimental Facility Aimed To Test ICT Based Ambient Assisted Living Products.	410
<i>Ivan Arakistain, Josu Albizu and Amaia Castelnuiz, Deckubik.</i>	
Graphical User Interface for the Container Loading Problem.	412
<i>Yanira González, Coromoto León, Gara Miranda and Javier Villamonte.</i>	
Marco de trabajo colaborativo para la gestión de conocimiento, un enfoque desde procesos gamificados.	414
<i>José Jurado, Cesar Collazos and Luis Merchan.</i>	
Tecnologias Interativas Aplicadas Na Indústria Automotiva Para Customização Em Massa.	418
<i>Rafael Silva Duarte and Branca Freitas De Oliveira.</i>	

Usability Heuristics for Native Smartphone Applications: A Review of the Literature.	420
<i>Ger Joyce, Mariana Lilley, Trevor Barker and Amanda Jefferies.</i>	
Taxonomía de la Actividad: Análisis de Propuestas de Desarrollo de Sistemas Interactivos.	422
<i>María Lili Villegas Ramírez, William Joseph Giraldo Orozco and César Alberto Collazos Ordóñez.</i>	
Interactive Visualization of Association Rules Model Using SOM.	424
<i>Wilson Castillo, Camilo Vargas and Claudio Meneses.</i>	
Accesibilidad en la Administración Electrónica.	428
<i>Raquel Hernando Posada, Teodoro Calonge Cano and Joaquín Adiego Rodríguez.</i>	
Building an Easy to Use Flexible University Timetabling User Interface.	430
<i>Carlos Gerardo Álvarez Prieto, Lluvia Morales, Mario Alberto Moreno Rocha and José Figeroa Martínez.</i>	
Control of a wheelchair simulator in a three-dimensional environment using detection of blink of eyes through non-invasive brain-computer interface.	432
<i>Anderson Rodrigo Schub, Alessandro Lima, João Mossmann, Marta Bez and Gustavo Morche.</i>	
Description of “ICT Ways for Science Classrooms” project.	433
<i>Alexandra Baldaque.</i>	

Temáticas Especiales

EGT: EnGendering Technologies

Digital Inclusion of low-income women: are users of Internet able to improve their life conditions?.	437
<i>Ana María González Ramos and Lidia Arroyo Prieto.</i>	
Girl's day experience at the University of Zaragoza: attracting women to technology.	442
<i>María Villarroya Gaudó, Sandra Baldassarri, Mayte Lozano, Raquel Trillo, Anacris Murillo and Piedad Garrido.</i>	
Haciendo y deshaciendo géneros y tecnología.	450
<i>Núria Vergés Bosch, Ana M. González Ramos and Elisabet Almeda Samaranch.</i>	
Individual differences in spatial abilities: effects of gender and videogames.	458
<i>Norena Martín-Dorta, José Luis Saorin-Perez and Manuel Contero-González.</i>	

- Mujeres, Ciencia y Tecnología: encuesta sobre percepción de las dificultades de las mujeres en los estudios universitarios técnicos. 463
Lourdes Moreno, Yolanda González Maroto, Isabel Segura Bedmar and Paloma Martínez Fernández.

EER: *E-Learning and Educational Resources*

- A brief overview of quality inside learning object repositories. 472
Cristian Cechinel and Xavier Ochoa.
- Virtual Learning Environment adoption and organizational change in Higher Education. The case of Universidad de la República, Uruguay. 480
Virginia Rodés.
- Uso de repositorios de recursos educativos digitales para la enseñanza universitaria. 487
Virginia Rodés Paragarino, Adriana Gewerc Barujel and Martín Llamas Nistal.
- Recopilación Automática de Objetos Digitales Educativos para Poblar Repositorios. 494
Ana Casali, Claudia Deco and Santiago Beltramone..
- La dimensión social en el aprendizaje autorregulado. Redes sociales como medio para la enseñanza. 501
Adriana Gewerc Barujel and Ana Rodríguez Groba.
- Producción Colaborativa en Latinoamérica del Libros de Texto Abierto en Interacción Humano Computadora. 509
Jaime Muñoz-Arteaga, Hector Cardona Reyes, César A. Collazos Ordóñez, Viviana Bustos Amador and Francisco Álvarez Rodríguez.
- Evaluación del proceso de colaboración desde una perspectiva individual y colaborativa. 513
Sonia Mora, Mayela Coto and César Collazos.
- Hacia el Reconocimiento de Relevancia y Reputación en Edu-AREA. 521
Manuel Caeiro Rodríguez, Martín Llamas Nistal and Juan Manuel Santos Gago.
- Metadata for Educational Games in Online Repositories. 529
Manuel Freire and Baltasar Fernández Manjón.
- Use of a Semantic Learning Repository to Facilitate the Creation of Modern e-Learning Systems. 534
Xavier Ochoa, Gladys Carrillo and Cristian Cechinel.

Modelos de Diseño Instruccional con soporte a Libros Abiertos Colaborativos para Educación Abierta.	542
<i>Ismar Frango Silveira, Pollyana Mustaro, Virginia Rodés, Nizam Omar and Xavier Ochoa.</i>	
EMATIC: an inclusive educational application for tablets.	548
<i>Carina Gonzalez, Vanesa Muñoz, Pedro Toledo and Alberto Mora.</i>	
Evaluating OER Repositories.	556
<i>Regina Motz and Libertad Tansini.</i>	

SG: Serious Games

Can SME Managers Learn from Games?.	561
<i>Antonio Andrade, Paula Escudeiro and Carlos Vaz De Carvalho.</i>	
Serious Game on Sign Language.	565
<i>Paula Escudeiro, Nuno Escudeiro, Rosa Reis, Fernando Maciel Barbosa, José Bidarra, Ana Bela Baltazar, Pedro Rodrigues, Jorge Lopes and Marcelo Norberto.</i>	
A Design Model for Implementing Games for Learning on Virtual World Platforms.	569
<i>Rosa Maria Nascimento Da Silva and Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro.</i>	
A serious game development process using competency approach. Case Study: Elementary School Math.	571
<i>Arturo Barajas Saavedra, Francisco Javier Álvarez Rodríguez, Jaime Muñoz-Arteaga and Cesar Alberto Collazos Ordóñez.</i>	
TimeMesh: Producing and Evaluating a Serious Game.	579
<i>Pedro Miguel Latorre Andrés, Francisco José Serón Arbeloa, Jorge López Moreno and Carlos Vaz de Carvalho.</i>	

Tutorial

Visually Interpreting Experience: Circle of Visual Interpretation Methodology.	588
<i>Dave Wood.</i>	

Prólogo

En esta publicación se recogen los trabajos aceptados, en sus distintas modalidades, del Congreso Internacional Interacción Persona-Ordenador (INTERACCIÓN 2014), que se celebra en su décimo quinta edición en el Puerto de la Cruz, Tenerife, Islas Canarias (España) del 10 al 12 de septiembre de 2014.

Este congreso es promovido por la Asociación Persona-Ordenador (AIPO) y su organización ha recaído en esta ocasión, en el grupo de Interacción, Tecnologías y Educación del Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna (España), contando con el apoyo del Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca (Colombia) y la Facultad de Informática y Tecnología de la Información de la Universidad King Abdulaziz (Arabia Saudí).

Interacción 2014 es un congreso internacional que tiene como objetivo principal promover y difundir los avances recientes en el área de la Interacción Persona-Ordenador (IPO), tanto a nivel académico como empresarial. Este congreso constituye un punto de encuentro para diferentes grupos de investigación internacionales y pretende crear un espacio de intercambio de ideas, técnicas, metodologías y herramientas con un enfoque multidisciplinar, fomentando las sinergias entre los investigadores, profesionales y empresas relacionadas a las temáticas de interés.

La AIPO lleva organizando este congreso desde el año 2000 (Granada), y se ha mantenido en sucesivas ediciones en Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (durante la celebración del CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (durante la celebración del CEDI 2007), Albacete (2008), de forma conjunta Barcelona (España) y Armenia (Colombia) (2009), Valencia (durante la celebración del CEDI 2010), Lisboa (junto a INTERACT 2011), Elche (2012) y Madrid (2013) junto a la celebración del CEDI 2013.

Es importante destacar que el contexto socio-económico en el que se desarrolla este evento científico es de una importante crisis económica que influye particularmente a las universidades, principalmente en recortes en su investigación y docencia, y en este marco, la asistencia a congresos científicos resulta muy difícil. Por ello, en este contexto, el haber recibido más de 120 contribuciones internacionales contribuye que INTERACCIÓN se consolide como un evento internacional en el área de IPO.

También, debemos resaltar que la calidad de las contribuciones recibidas ha sido de un alto nivel. Todas ellas han sido revisadas por un mínimo de tres miembros del Comité Académico en un proceso de doble ciego, con una aceptación final como Full Papers del 17,5%. Por ello, queremos destacar y agradecer el trabajo fundamental del Comité Académico para conseguir el nivel de calidad adecuado de todos los trabajos aceptados y contribuir con sus comentarios a la mejora de los mismos.

Otra cuestión a destacar, es que el Congreso INTERACCIÓN ha sido un evento tradicionalmente ligado a la comunidad Iberoamericana, y en esta edición se ha buscado una mayor presencia internacional para permitir la apertura a más grupos de investigación internacionales relacionados con la IPO. Así, en esta XV edición de INTERACCIÓN participan 27 países diferentes, tales como: Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dinamarca, Ecuador, España, Francia, Hong Kong, India, Irlanda, Italia, Lituania, México, Marruecos, Holanda, Nepal, Noruega, Perú, Portugal, Arabia Saudí, Suiza, Turquía, Reino Unido, USA y Uruguay.

Asimismo, destacar que en esta edición participan investigadores miembros de varias redes académicas internacionales relacionadas a las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología (CYTED), tales como la Red iberoamericana para la usabilidad de repositorios educativos (RIURE), la Red iberoamericana de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos (uCSCL), la Red temática en aplicaciones y usabilidad de la televisión digital interactiva (RAUTI) y la Red iberoamericana para el estudio y desarrollo de aplicaciones tic basadas en interfaces adaptadas a personas con discapacidad (IBERADA). También, como parte del evento se realizará la reunión del Comité Técnico sobre Interacción Persona-Ordenador, de la Federación Internacional para el Procesamiento de la Información IFIP-TC-HCI13.

De acuerdo a esta internacionalización, las ponencias invitadas de esta edición son personas relevantes en el área de IPO, tales como el profesor Peter Robinson de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), experto en interfaces afectivas y ponente distinguido de ACM, el profesor Ramón Ceres del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (España), experto en tecnologías para la discapacidad, el profesor Sebastián Ventura de la Universidad de Córdoba (España), experto en minería de datos educativos, la profesora Remedios Zafra de la Universidad de Sevilla (España), experta en arte, tecnología y cultura digital, el profesor Cristian Rusu de la Universidad Pontificia de Valparaíso (Chile), experto en usabilidad y experiencia de usuario, y la ingeniera, emprendedora y desarrolladora Mariel Martínez de Google, representante de la comunidad Google Developers Groups (GDG) de mujeres en España. A través de estas ponencias podemos ver diferentes y nuevas perspectivas de la investigación y desarrollo de la IPO tanto desde el punto de vista académico, como el social y el empresarial.

Además, esta edición se completa con algunos eventos asociados organizados en distintos tracks especiales, tales como: a) Engendering Technologies (EGT'2014), que aborda el tema del papel de la mujer como creadora de tecnología y está apoyado por investigadoras de distintos grupos de investigación e interés en este tema así como instituciones académicas preocupadas por la igualdad de género, tales como el Instituto de Estudios de las Mujeres y la Unidad de Igualdad de la Universidad de la Laguna, el programa de Género y TIC de la Universidad Oberta de Catalunya, los capítulos de ACM-Women y el Women in Engineering Chapter (WIE) del IEEE, la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) o la Asociación de Mujeres Científicas y Técnicas (MUCIT); b) E-learning and Educational Resources (EER'2014), que se centra en el tema del e-learning y los recursos educativos, y que está organizado apoyado por la red temática del CYTED RIURE y miembros relevantes del Capítulo Español de Educación del IEEE y c) Serious Games, que se centra en las aplicaciones serias de los videojuegos y la gamificación, apoyada y organizada por miembros investigadores del proyecto europeo Serious Games Network (SEGAN).

Asimismo, incorporamos un tutorial sobre visualización, titulado *“Visually Interpreting Experience: Circle of Visual Interpretation Methodology”*, uno de los temas de gran interés para la comunidad académica y empresarial con el crecimiento del *big data*.

Por ello, podemos decir que estas actas presentan el estado del arte y avances de la IPO, una disciplina que evoluciona constantemente, tal y como puede observarse en las diferentes líneas temáticas abordadas por los trabajos de investigación y desarrollo presentados en accesibilidad y sistemas adaptativos, sistemas colaborativos y CSCL, interfaces emocionales, usabilidad y experiencia de usuario (UX), diseño de la interacción (DxI), dispositivos de interacción y de sistemas interactivos multimodales, ingeniería de

software y de sistemas y las aplicaciones de la IPO a las áreas de la salud, la educación y los videojuegos.

Mencionar el esfuerzo realizado en la organización de posibilidades de publicación de los mejores trabajos extendidos en diversas revistas, algunas de ellas incluidas en prestigiosos índices internacionales como ISI, Scopus o Latindex entre otros, a las que queremos agradecer su apoyo a esta conferencia.

Por último, desde la presidencia del Comité Académico y Organizador agradecer a las universidades organizadoras y a la dirección de la AIPO por su apoyo institucional e incondicional, a los miembros del Capítulo en España de ACM SIGCHI CHISPA por el soporte científico y ayuda constante, al CYTED y a las redes temáticas que participan en el evento y han depositado su confianza en el mismo, al Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (CESEI) por su labor en la difusión, a la Unidad de Igualdad y al Instituto de Estudio de las Mujeres (IUEM) de la Universidad de La Laguna y a Google por su apoyo al evento y empujar la igualdad de género en la creación de tecnología, a los miembros del Comité Académico y Comité Organizador y a los ponentes que con su esfuerzo y trabajo han contribuido a la calidad de este evento y a consolidarlo como un referente internacional en el área de IPO.

Carina González González

Presidente de INTERACCIÓN 2014

César Collazos Ordóñez

Co-Presidente. Comité Académico INTERACCIÓN 2014

Foreword

This publication have collected accepted papers, in various forms, of the International Conference Human-Computer Interaction (Interaction 2014), held in its fifteenth edition in Puerto de la Cruz, Tenerife, Canary Islands (Spain) 10-12 September, 2014.

This congress is sponsored by the Association Computer of Human Computer Interaction (AIPO) and its organization is in charge of the group interaction, Technology and Education, Department of Computer and Systems Engineering from the University of La Laguna (Spain), counting with support from the Department of Systems, University of Cauca (Colombia) and the Faculty of Computing and Information Technology King Abdulaziz University (Saudi Arabia).

Interaction 2014 is an international conference which main objective is to promote and disseminate the recent advances in the area of Human-Computer Interaction (HCI), both academic and business level. This conference is a meeting point for different international research groups creating a space for the exchange of ideas, techniques, methodologies and tools with a multidisciplinary approach, fostering synergies among researchers, practitioners, industry of HCI area.

The AIPO has been organizing this conference since 2000 (Granada), and has remained in subsequent editions in Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (during the celebration of CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (during the celebration of CEDI 2007), Albacete (2008), jointly Barcelona (Spain) and Armenia (Colombia) (2009), Valencia (during the celebration of CEDI 2010), Lisbon (with INTERACT 2011), Elche (2012) and Madrid (2013) by the conclusion of the CEDI 2013.

It is important to recognize that the socio-economic context in which this scientific event unfolds is a major economic crisis that particularly affects universities, mainly in cuts in research and teaching, and in this framework, attending scientific conferences is very difficult. Therefore, in this context, have received more than 120 international contributions INTERACTION contributes to consolidate as an international event in the area of HCI.

Also, we should note that the quality of submissions received was of a high standard. All the papers have been reviewed by at least three members of the Academic Committee on a double-blind process, with a final acceptance as Full Papers of 17.5%. Therefore, we want to highlight and acknowledge the fundamental work of the Academic Committee for the level of quality of all accepted papers and contribute with their comments to improve them.

Another issue to note is that the Congress has been traditionally an event linked to the Ibero American community, and this year we have received papers from 37 different countries like Germany, Argentina, Australia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Denmark, Ecuador, Spain, France, Hong Kong, India, Ireland, Italy, Lithuania, Mexico, Morocco, Netherlands, Norway, Peru, Portugal, Saudi Arabia, Switzerland, Turkey, UK, USA and Uruguay.

Also noted that this year participate members of several international researchers academic networks related to Information Technology and Telecommunications Ibero-American Science and Technology (CYTED), such as Iberoamerican Network support the teaching

and learning of skills through ubiquitous and collaborative environments (uCSCL), the Ibero-American Network for the usability of educational repositories (RIURE), the thematic Network on applications and usability of interactive digital television (RAUTI) and the Ibero-American Network for the study and ICT development of applications based on accessibility for people with disabilities (IBERADA) interfaces. Also, as part of this event the meeting of the Technical Committee on Human-Computer Interaction in the International Federation for Information Processing (IFIP) (IFIP-TC-HCI13) will take place.

We count with recognized keynote speakers in the area of HCI, such as Professor Peter Robinson of the University of Cambridge (UK), expert in affective interfaces and ACM distinguished speaker, Professor Ramon Ceres the Higher Council for Scientific Research (CSIC) (Spain), expert in technologies for disability, Professor Sebastian Ventura, University of Cordoba (Spain), an expert on educational data mining, Remedios Zafra professor at the University of Sevilla (Spain), an expert in art, technology and digital culture, Cristian Rusu professor at the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile), expert in usability and user experience, and Mariel Martinez, entrepreneur and developer of Google, representative Google Developers community Groups (GDG) of women in Spain. Through these talks we will see different perspectives and new research and development of the HCI from academic, social and business perspectives.

During this edition we will have various special events organized as tracks like a) Engendering Technologies (EGT'2014), which addresses the issue of the role of women as technology creator supported by researchers from different researching groups in this subject as well as academic institutions concerned with gender equality, such as the Institute for Women and equality Unit of the University of La Laguna, the Gender and ICT program at the Open University Catalunya, the chapters of ACM-Women and the Women in Engineering Chapter (WIE) of the IEEE, the Association of Women Researchers and Technologists (AMIT) or the Association of Scientific and Technical Women (MUCIT); b) E-learning and Educational Resources (EER'2014), which focuses on e-learning and educational resources, supported by the thematic network CYTED RIURE and relevant members of the IEEE Spanish Chapter of Education c) serious Games, which focuses on the applications of serious games and gamification, supported and organized by members of the European research project serious Games Network (SEGAN).

Also we incorporate a tutorial on display, entitled "Visually Interpreting Experience: Circle of Visual Interpretation Methodology", a topic of great interest to the academic and business community with the growth of big data.

Therefore, we can say that these proceedings show the state of art and advances in HCI, a discipline that is constantly evolving, as it can be seen in the different thematic areas addressed by the research and development presented in topics like accessibility and adaptive systems, Collaborative systems and CSCL, emotional interfaces, usability and user experience (UX), interaction design (DxI), interaction devices and multimodal interactive systems, software engineering and systems and applications to areas of HCI health, education and video games.

Recognize the effort of the organization to include some of the best papers could be published in various journals, some of them included in prestigious international indexes such as ISI, Scopus or Latindex among others.

Finally, from the Organizing Committee we want to thank the organizing universities, AIPO, CYTED, Chapter of ACM Spain – SIGCHI, the Spanish Chapter of the IEEE Education Society (CESEI), the Equality Unit and the Institute for the Study of women

(IUEM) at the University of La Laguna, Google, Keynote speakers, for their unconditional support to the event.

Carina González González

Chair INTERACCIÓN 2014

César Collazos Ordóñez

Chair. Program Committee INTERACCIÓN 2014

Prefácio

Nesta publicação se concentram os trabalhos aceites, nas suas diversas formas, do Congresso Internacional Interacción Persona-Ordenador (INTERACCIÓN 2014), que ocorre em seu décimo quinto ano no Puerto de la Cruz, Tenerife, Ilhas Canárias (Espanha) de 10 a 12 de setembro de 2014. Este Congresso é promovido pela Asociación Persona-Ordenador (AIPO) e a sua organização tem caído sobre esta ocasião, no grupo de Interação, Tecnologias y Educación do Departamento de Engenharia Informática e de Sistemas da Universidade de La Laguna (Espanha), contando com o apoio do Departamento de Sistemas da Universidade do Cauca (Colômbia) e a Faculdade de Informática e Tecnologia da Informação da Universidade King Abdulaziz (Arábia Saudita).

Interacción 2014 é um congresso internacional que tem como objetivo principal promover e difundir os avanços recentes na área da Interacción Persona-Ordenador (IPO), tanto a nível acadêmico como empresarial. Este congresso constitui um ponto de encontro para grupos de pesquisa internacionais e visa criar um espaço para a troca de ideias, técnicas, metodologias e ferramentas com uma abordagem multidisciplinar, fomentando as sinergias entre pesquisadores, profissionais e empresas relacionadas com os tópicos de interesses.

O AIPO vem organizando este Congresso desde 2000 (Granada) e tem se mantido em posteriores edições em Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (durante a celebração do CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (durante a celebração do CEDI a 2007), Albacete (2008), em conjunto Barcelona (Espanha) e Armênia (Colômbia) (2009), Valencia (durante a celebração do CEDI 2010), Lisboa (junto ao INTERACT 2011), Elche (2012) e Madrid (2013) junto com a celebração do CEDI 2013.

É importante destacar que o contexto sócio-econômico em que se realiza este evento científico é de uma importante crise econômica que afeta particularmente as universidades, principalmente em cortes em sua pesquisa e ensino, e nessa circunstância, a assistência aos congressos científicos se torna muito difícil. Por isso, neste contexto, ter recebido mais de 120 contribuições internacionais contribui para que INTERACCIÓN se consolide como um evento internacional na área de IPO.

Além disso, deve destaca-se que a qualidade das contribuições recebidas tem sido de um nível elevado. Todas elas foram revisadas por um mínimo de três membros do Comitê Acadêmico em um processo de duplo-cego, com uma aceitação final como Full Papers de 17,5%. Portanto, queremos destacar e agradecer o trabalho fundamental do Comitê Acadêmico para alcançar o nível adequado de qualidade de todos os trabalhos aceites e contribuir com seus comentários para a melhoria do mesmo.

Outra questão a destacar, é que o Congresso INTERACCIÓN tem sido um evento tradicionalmente ligado à comunidade Ibero-americana, e esta edição tem procurado uma maior presença internacional para permitir a abertura de grupos de pesquisa mais internacionais relacionados com o IPO. Assim, nesta XV edição de INTERACCIÓN participam 27 diferentes países, tais como: Alemanha, Argentina, Austrália, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Dinamarca, Equador, Espanha, França, Hong Kong, Índia, Irlanda, Itália, Lituânia, México, Marrocos, Países Baixos, Nepal, Noruega, Peru, Portugal, Arábia Saudita, Suíça, Turquia, Reino Unido, EUA e Uruguai.

Além disso, nesta edição participam pesquisadores membros de várias redes acadêmicas internacionais relacionados a Tecnologia da Informação e das Telecomunicações de Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnologia (CYTED), tais como a Rede Ibero-

americana para a usabilidade de repositórios educacionais (RIURE), a Rede Ibero-americana de apoio aos processos de ensino e aprendizagem de competências profissionais através de ambientes ubíquos e colaborativos (uCSCL), a rede temática em aplicações e usabilidade da televisão digital interativa (RAUTI) e a Rede Ibero-americana para o estudo e desenvolvimento de aplicativos baseados em interfaces adaptadas para pessoas com deficiência (IBERADA). Também, como parte do evento será realizada a reunião do Comité Técnico da Interacción Persona-Ordenador, da Federação Internacional para o Processamento da Informação IFIP-TC-HCI13.

De acordo com esta internacionalização, os palestrantes convidados para esta edição são de pessoas relevantes na área de IPO, tais como o Professor Peter Robinson, da Universidade de Cambridge (Reino Unido), especialista em interfaces afetivas e relator distinguido de ACM, o Professor Ramón Ceres do Conselho Superior de Investigações Científicas (CSIC) (Espanha), especialista em tecnologias para deficientes, o Professor Sebastián Ventura, da Universidade de Córdoba (Espanha), especialista em mineração de dados educacionais, a Professora Remedios Zafra da Universidade de Sevilha (Espanha), especialista em arte, tecnologia e cultura digital, Professor Cristian Rusu da Universidade Pontifícia de Valparaíso (Chile), um especialista em usabilidade e experiência de usuário e a engenheira, empresária e desenvolvedora Mariel Martínez de Google, representante da Comunidade Google Developers Groups (GDG) de mulheres em Espanha. Através destes palestrantes, podemos ver diferentes e novas perspectivas de pesquisa e desenvolvimento da IPO tanto do ponto de vista acadêmico, como o social e o empresarial.

Além disso, esta edição se completa com alguns eventos associados, organizados em diferentes tracks especiais, tais como: a) Engendering Technologies (EGT'2014), que aborda o tema do papel da mulher como criadora de tecnologia e está apoiado por pesquisadoras de diferentes grupos de investigações e interesse neste tema, assim como instituições acadêmicas preocupadas com a igualdade de gênero, tais como o Instituto de Estudos das Mulheres e a Unidade de Igualdade da Universidade de la Laguna, o programa de Gênero e TICS da Universidade Oberta da Catalunha, os capítulos de ACM- Women y el Women in Engineering Chapter (WIE) da IEEE, a Associação de Mulheres Investigadoras e Tecnólogas (AMIT) ou a Associação de Mulheres Científica e Técnicas (MUCIT); b) E-learning and Educational Resources (EER'2014), que se centra no tema do e-learning e dos recursos educativos, que está organizado e apoiado pela rede temática do CYTED RIURE e membros relevantes do Capítulo Espanhol de Educação da IEEE e c) Serious Games, que se concentra nas aplicações sérias dos jogos eletrônicos e gamificação, apoiada e organizada por membros investigadores do projeto europeu Serious Games Network (SEGAN).

Além disso, incorporamos um tutorial sobre a visualização, intitulado “Visually Interpreting Experience: Circle of Visual Interpretation Methodology”, um dos grandes temas de interesse para a comunidade acadêmica e empresarial com o crescimento do big data.

Por esta razão, podemos dizer que estas actas apresentam o estado da arte e progresso da IPO, uma disciplina que evolui constantemente, como pode ser visto nas diferentes linhas temáticas abordadas pelos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento apresentados em acessibilidade e sistemas adaptativos, sistemas colaborativos e CSCL, interfaces emocionais, usabilidade e experiência do usuário (UX), design de interação (DxI), dispositivos de interação e sistemas interativos multimodais, software e engenharia de sistemas e aplicativos da IPO para as áreas de saúde, educação e jogos eletrônicos.

Mencionar o esforço feito na organização de possibilidades de publicação dos melhores trabalhos estendidos em várias revistas, algumas delas incluídas em prestigiosos índices

internacionais como ISI, Scopus ou Latindex entre outros, as quais queremos agradecer pelo seu apoio a esta conferência.

Finalmente, deste a presidência do Comitê Acadêmico e Organizador agradecer as universidades organizadoras e a direção da AIPO pelo seu apoio institucional e incondicional, aos membros do Capítulo na Espanha de ACM SIGCHI CHISPA pelo apoio científico e ajuda constante, ao CYTED e as redes temáticas que participam no evento e tem depositado sua confiança no mesmo, ao Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE (CESEI) por seu trabalho de divulgação, a Unidade de Igualdade e ao Instituto de Estudo das Mulheres (IUEM) da Universidade de La Laguna e a Google pelo seu apoio ao evento e incentivar a igualdade de gênero na criação de tecnologia, aos membros do Comitê Acadêmico e Comitê Organizador e aos palestrantes que, com seu esforço e trabalho, contribuíram para a qualidade deste evento e para consolidá-lo como uma referência internacional na área de IPO.

Carina González González

Presidente INTERACCIÓN 2014

César Collazos Ordóñez

Presidente. Comité Académico INTERACCIÓN 2014

Traducción: Isa Beatriz da Cruz Neves

INTERACCIÓN 2014

Comité Organizador

Presidente del Congreso

Carina S. González González Universidad de La Laguna, España

Co-Presidentes del Comité Organizador

José F. Sigut Saavedra Universidad de La Laguna, España
Habib M. Fardoun King Abdulaziz University, Arabia Saudí

Comité Asesor

José Antonio Macías Universidad Autónoma de Madrid, España
Víctor Penichet Universidad de Castilla La Mancha, España
Sandra Baldasarri Universidad de Zaragoza, España
Toni Granollers Universidad de Lleida, España
José Manuel Rodríguez Ramos Universidad de La Laguna, España

Miembros del Comité Organizador

Alberto Mora Carreño (Universidad de La Laguna, España)
Francisco Fumero (Universidad de La Laguna, España)
José Luis Sánchez de la Rosa (Universidad de La Laguna, España)
Juan Albino Méndez (Universidad de La Laguna, España)
Lorenzo Moreno Ruiz (Universidad de La Laguna, España)
Lorenzo Carretero González (King Abdulaziz University, Arabia Saudí)
Pedro Toledo Delgado (Universidad de La Laguna, España)
Vanessa Muñoz Cruz (Universidad de La Laguna, España)

Colaboradores:

Kevin Isaac Robayna Hernández (Universidad de La Laguna, España)
Manlio Joaquín García González (Universidad de La Laguna, España)
María Belén Armas Torres (Universidad de La Laguna, España)
Sergio Martín Santana (Universidad de La Laguna, España)
Silvia Matteucci (Universidad de La Laguna, España)

Comité Académico

Co-Presidentes:

César A. Collazos Ordoñez (Universidad del Cauca, Colombia)
Carina S. González González (Universidad de La Laguna, España)
Abdulrahman H. Altalhi (King Abdulaziz University, Arabia Saudí)

Miembros Nacionales del Comité Académico

Julio Abascal (Universidad País Vasco, España)
Silvia Acuña (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Xavier Alemán Universidad Autónoma de Madrid, España)
José M. Azorín (Universidad Miguel Hernández, España)
Sandra Baldassarri (Universidad de Zaragoza, España)
Federico Botella (Universidad Miguel Hernández, España)
Crescencio Bravo (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Rosa María Carro (Universidad Complutense de Madrid, España)
Ramón Ceres (Instituto de Automática Industrial (CSIC), España)
Eva Cerezo (Universidad de Zaragoza, España)
Carlos Cetina (Universidad de San Jorge, España)
Carlos De Castro (Universidad de Córdoba, España)
Antonio Díaz (Universidad de Málaga, España)
Ramón Fabregat (Universidad de Girona, España)
Xavier Ferré (Universidad Politécnica de Madrid, España)
José A. Gallud (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Néstor Garay (Universidad País Vasco, España)
Roberto García (Universitat de Lleida, España)
Xabiel García-Pañeda (Universidad de Oviedo, España)
Francisco García-Peñalvo (Universidad de Salamanca, España)
José Luis Garrido (Universidad de Granada, España)
Rosa M. Gil (Universitat de Lleida, España)
Evelio González González (Universidad de La Laguna, España)
José Mariano González (Universidad de Sevilla, España)
Pascual González (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
José Luís González-Sánchez (Universidad de Granada, España)
Toni Granollers (Universitat de Lleida, España)
Francisco Gutiérrez Vela (Universidad de Granada, España)
Pablo Haya (Instituto de Ingeniería de Conocimiento, España)

Isidoro Hernán (Universidad Rey Juan Carlos, España)
Fco. Javier Jaén (Universidad Politécnica de Valencia, España)
Pedro Latorre (Universidad de Zaragoza, España)
Martín Llamas Nistal (Universidad de Vigo, España)
Juan Miguel López (Universidad País Vasco, España)
Víctor López (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
María Lozano (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
José A. Macías (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Cristina Manresa (Universidad de las Islas Baleares, España),
Javier Marco (Universidad de Zaragoza, España)
Mari-Carmen Marcos (Universidad Pompeu Fabra, España)
Estefanía Martín (Universidad Rey Juan Carlos, España)
J. Pascual Molina-Massó (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Francisco Montero (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Enric Mor-Pera (Universidad Oberta de Catalunya, España)
Lourdes Moreno (Universidad Carlos III de Madrid, España)
Pablo Moreno-Ger (Universidad Complutense de Madrid, España)
Roberto Moriyón (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Marta Oliva (Universitat de Lleida, España)
Manuel Ortega (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Patricia Padawreski (Universidad de Granada, España)
Natalia Padilla Zea (Universidad de Granada, España)
José I. Panach (Universidad de Valencia, España)
Maximiliano Paredes (Universidad Rey Juan Carlos, España)
Óscar Pastor (Universidad Politécnica de Valencia, España)
Víctor Penichet (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Antonio Peñalver (Universidad Miguel Hernández, España)
Pere Ponsa (Universidad Politécnica de Cataluña, España)
Miguel A. Redondo (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Arcadio Reyes (Universidad de Málaga, España)
Mireia Ribera (Universitat de Barcelona, España)
Juan José Rodríguez (Bankinter, España)
Luis A. Rojas (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Montserrat Sendín (Universitat de Lleida, España)
Joaquín Sevilla Moróder (Universidad de Navarra, España)
José F. Sigut (Universidad de La Laguna, España)

Jonay Toledo Carrillo (Universidad de La Laguna, España)

Jesús Torres Jorge (Universidad de La Laguna, España)

Ángel Velázquez (Universidad Rey Juan Carlos, España)

Miembros Internacionales del Comité Académico

Silvana Vanesa Aciar (Universidad Nacional de San Juan, Argentina)

Ibrahim Albedawi (King Abdulaziz University, Arabia Saudí)

Diana Arellano (Filmakademie Baden-Wuerttemberg, Alemania)

Marta Bez (Universidad de Rio Grande do Sul, Brasil)

Marcos Borges (Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil)

Thibault Carron (University of Savoie, Francia)

Silvia Castro (Universidad Nacional del Sur, Argentina)

Ian Cole (University of York, Reino Unido)

Clifton Clunie (Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá)

Gisela Clunie (Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá)

Mayela Coto (Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica)

Claudia Deco (Universidad Nacional del Rosario, Argentina)

Habib Fardoun (King Abdulaziz University, Arabia Saudí)

Eduardo Fernández (Universidad de la República, Uruguay)

Anselmo Frizzera Neto (Federal University of Espírito Santo (UFES), Brasil)

William Giraldo (Universidad del Quindío, Colombia)

Daniel Giulianelli (Universidad Nacional de La Matanza, Argentina)

Juan Manuel González (Universidad Autónoma de Puebla, México)

M^a Paula González (CONICET, Argentina)

Víctor González (Instituto Tecnológico Autónomo de México ITAM, México)

Josefina Guerrero (Universidad Autónoma de Puebla, México)

Luis Guerrero (Universidad de Costa Rica, Costa Rica)

Marion A. Hersh (University of Glasgow, Escocia)

Ulrich Hoppe (University Duisburg-Essen, Alemania)

Ivette Kafure (Universidade de Brasília, Brasil)

Jean-Charles Marty (University of Savoie, Francia)

Abdulfattah Mashat (King Abdulaziz University, Arabia Saudí)

Antonio José Mendes (Universidad de Coimbra, Portugal)

Alberto Morán (Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México)

Mario Moreno (Universidad Tecnológica de la Mixteca, México)

Jaime Muñoz-Arteaga (Universidad Autónoma de Aguascalientes, México)

Philippe Palanque (Universidad Paul Sabatier, Francia)
Claudia Pons (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)
José A. Pow (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú)
Angel Puerta (RedWhale Software, U.S.A.)
Gustavo Rossi (Universidad Nacional de la Plata, Argentina)
Cristian Rusu (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile)
J. Alfredo Sánchez (Universidad de las Américas Puebla, México)
Marcos Serrano (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), Francia)
Gerrit Van der Veer (Universidad de Vrije, Países Bajos)
Pablo Vera (Universidad Nacional de La Matanza, Argentina)
Rosa Vicari (Universidad de Rio Grande do Sul, Brasil)
Marco Winckler (Université Paul Sabatier, Francia)
Diana Xu (University of Central Lancashire, Inglaterra)
Joaquín Sergio Zepeda (Universidad Autónoma Metropolitana, México)

TEMÁTICAS ESPECIALES

EGT: EnGendering Technologies

Comité de Programa

Inmaculada Perdomo	Universidad de La Laguna, España.
Norena Martin-Dorta	Universidad de La Laguna, España
Ana González Ramos	Universitat Oberta de Catalunya, España.
Ana Puy	Universidad de La Laguna, España.
Carina González	Universidad de La Laguna, España
Cristina Manresa-Yee	Universidad de las Islas Baleares, España
Eva Cerezo	Universidad de Zaragoza, España
Lourdes Moreno	Universidad Carlos III de Madrid, España
Patricia Paderewski	Universidad de Granada, España
Sandra Baldassarri	Universidad de Zaragoza, España
Sara García Cuesta	Universidad de La Laguna, España.

EER: E-learning and Educational Resources

Comité de Programa

Martin Llamas	Universidad de Vigo, España
Xavier Ochoa	ESPOL, Ecuador
Ana Casali	Universidad Nacional de Rosario, Argentina
Regina Motz	Universidad de la República, Uruguay
Carlos Vaz de Carvalho	ISEP, Portugal
Cristian Cechinel	Universidad Federal de Pelotas, Brasil
Baltasar Fernández-Manjón	Univ. Complutense de Madrid, España
Marcelo Milrad	Linnaeus University, Suecia
Isabel Azevedo	ISEP, Portugal
Manuel Caeiro	Universidad de Vigo, España
Claudia Deco	Universidad Nacional de Rosario, Argentina
Virginia Rodés	Universidad de La República, Uruguay

SG: Serious Games

Comité de Programa

Carlos Vaz de Carvalho	Inst. Sup. de Engenharia do Porto, Portugal
Pedro Latorre	Universidad de Zaragoza, España
Francisco Séron	Universidad de Zaragoza, España
Eva Cerezo	Universidad de Zaragoza, España
Baltasar Fernandez Manjon	Univ. Complutense de Madrid, España
Ivan Martinez-Ortiz	Univ. Complutense de Madrid, España
Janet C Read	University of Central Lancashire, UK
Diana Xu	University of Central Lancashire, UK
Joze Rugeli	Fac. of Educ. Univ. of Ljubljana, Slovenia
Martin Sillaots	Tallinn University, Estonia
Hariklia Tsalapatas	University of Thessaly, Greece
Gearóid Ó Súilleabháin	Cork Institute of Technology, Ireland
Roisin Garvey	Cork Institute of Technology, Ireland
Paula Escudeiro	Inst. Sup. de Engenharia do Porto, Portugal
Olivier Heidmann	University of Thessaly, Greece
Nick Kearney	Andamio Education and Tech. S.L., España

Computers with emotional intelligence

Peter Robinson

University of Cambridge

The ability to display and recognise emotions is an important aspect of social interaction between humans. We monitor each other's facial expressions, vocal nuances and body posture and gestures, and use them to make inferences about other people's mental states. Our understanding of mental states shapes the decisions that we make, governs how we communicate with others, and affects our performance. The ability to attribute mental states to others from their behaviour, and to use that knowledge to guide our own actions and predict those of others is known as theory of mind or mind-reading. It has recently gained attention with the growing number of people with Autism Spectrum Conditions, who have difficulties mind-reading.

People express these social signals even when we are interacting with machines, but computer interfaces currently ignore them. In effect, computers are autistic. Recent advances in psychology have greatly improved our understanding of the role of affect in communication, perception, decision-making, attention and memory. At the same time, advances in technology mean that it is becoming possible for machines to sense, analyse and express emotions. We have explored the relationship between these advances and brought them together to endow computers with emotional intelligence.

The talk will describe mind-reading computer systems that analyse a person's facial expressions in real time using a combination of computer vision, machine learning and software engineering. The system infers the person's underlying mental state, such as whether he or she is agreeing or disagreeing, interested or bored, thinking or confused. The techniques have applications in areas such as monitoring cognitive load in command and control operators, guiding on-line teaching systems and enhancing the sense of presence in teleconference systems. A spin-out company has developed the technology commercially and has deployed it to test advertising copy, track responses to brand identities, and measure audience engagement with media presentations.

Other projects have investigated the inference of people's mental states from vocal nuances, body posture and gesture, and other physiological signals, and also considered the expression of emotions by robots and cartoon avatars.

Usability versus User Experience: Theory and Practice

Cristian Rusu

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)

The Joint Task Force on Computing Curricula of ACM and IEEE Computer Society establishes Human – Computer Interaction (HCI) as part of the Body of Knowledge in their Computer Science (CS) curricula proposal (CS2013, December, 2013). The HCI relevance in CS curricula is formally acknowledged by both associations and is included into the set of 18 CS knowledge areas. CS2013 (as well as the previous CS2008 and CC2001 proposals) recommends that any CS curricula should cover at least 8 HCI core hours.

CS2013 explicitly includes usability as a compulsory core HCI topic (“Usability heuristics and usability testing”). One of the expected learning outcomes is defined as “Create and conduct a simple usability test for an existing software application”. Moreover, usability is also recommended as elective topic. User Experience (UX) is not explicitly incorporated as a core HCI topic; however it is implicitly considered in other core and elective topics. It seems that the usability concept is widely accepted not only by the HCI community, but also by the CS community in general. Based on the CS2013 proposal, it seems that the UX concept is not yet commonly endorsed by the CS community.

Over more than three decades usability was (re)defined by many authors. Usability definitions were also provided by well recognized standards. Probably one of the best known and widely used definitions is the one proposed by ISO 9241: the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use. Later ISO standards still refer to the ISO 9241 usability definition. But new interaction paradigms, new technologies and new kind of software systems are compelling arguments for reviewing the usability concept.

The UX concept was also referred by ISO 9241: a person's perceptions and responses that result from the use or anticipated use of a product, system or service. Some authors consider UX as an extension of the usability concept. Others use the terms usability and UX indistinctly. Along with usability, the UX concept is still under review. The “User Experience White Paper” (2011) aims to “bring clarity to the concept”.

To move from usability to UX it seems to be a tendency lately. Even the former “Usability Professionals Association” (UPA) redefined itself as “User Experience Professionals Association” (UXPA).

Including HCI in the CS curricula is still a challenge in most Latin American (LA) countries. However, when HCI is present, usability seems to be a major topic in both teaching and researching. The number of companies that offer consultancy in usability is increasing. Many professionals are introducing themselves as UX (designers) experts. Some of them are former usability professionals, some others are newcomers. As in LA countries there is still a need for HCI “evangelization”, the co-existence and the indiscriminate use of the usability and UX concepts may be confusing for the CS community, particularly for

software companies. Forming usability/UX professionals was and still is a challenge in LA countries. The practice is usually more appealing and persuasive than the theory. An appealing way to introduce HCI at all CS curricula levels is by systematically including usability/UX practices.

Importancia de los canales alternativos de interacción con el computador en personas con discapacidad

Ramón Ceres Ruiz
Prof. de Investigación del CSIC

La inclusión social de las personas con discapacidad constituye un problema global de primer orden. En efecto, además del respeto debido y el derecho del individuo a desarrollarse y a participar en todos los ámbitos de la vida propia y social, desde el punto de vista cuantitativo la magnitud del problema puede comprenderse al considerar que en nuestros países occidentales el porcentaje de personas con algún tipo de discapacidad se sitúa en torno al 9 % de la población, lo que nos da unas cifras de cerca de cuatro millones de personas solamente en España y en torno a los mil millones en todo el mundo.

De la anterior concepción médica que contemplaba la discapacidad como una enfermedad que había que curar hemos pasado al modelo social según la clasificación CIF por la que se reconoce la diversidad funcional de la persona considerando las condiciones del medio en las que debe desarrollar sus actividades. El enfoque es por tanto inverso; se parte de las dificultades o barreras que existen para llevar a cabo estas actividades más que en las capacidades personales en sí mismo que son reconocidas como una realidad humana a respetar.

Este último enfoque se centra en el aumento de la participación social de la persona con discapacidad, habiendo generado conceptos como el “diseño para todos” y el de accesibilidad universal, refiriéndose esta no solo a aspectos físicos y urbanísticos sino también y sobre todo al acceso a la sociedad del bienestar en general y de modo especial al conocimiento con una referencia importante a las TICs. Por otra parte, el desarrollo de una serie de disciplinas tales como la electrónica, la informática, los nuevos sensores y actuadores y la robótica entre otras, que constituyen un cuerpo de doctrina englobado en las llamadas Tecnologías de Apoyo o de Rehabilitación, están permitiendo concebir y elaborar todo un conjunto de soluciones tecnológicas para aumentar esta participación paliando muchas deficiencias y consiguiendo un mayor grado de autonomía y de integración personal.

En cuanto a las áreas de actividad, ya en el estudio HEART de la UE se distinguían diversos aspectos funcionales básicos de cualquier actividad humana y que se relacionan principalmente con la movilidad y la orientación, la manipulación, la comunicación y la cognición.

En el contexto tecnológico actual, consideramos el computador personal como elemento vertebrador de este planteamiento, en sus diferentes variantes (tablet, smartphone...), dado su moderado coste, la gran expansión del mismo y sobre todo su casi ilimitada capacidad de interactuar tanto con el usuario como con el medio con todas las posibilidades que ello permite. De modo convencional utilizamos interfaces clásicas tales como el ratón, el teclado, el joystick o incluso la voz. En el ámbito de las personas con discapacidad es preciso hacer dos consideraciones fundamentales; la primera de ellas es que necesitan el

computador en mucho mayor grado que las llamadas “normales” ya que efectivamente el computador puede cubrir buena parte de sus necesidades especiales de movilidad, en la conducción de sillas de ruedas, de comunicación, componiendo mensajes escritos o verbales o de manipulación gestionando accionamientos domóticos (TV, AA...) por citar unos ejemplos. La otra consideración es la gran dificultad o imposibilidad de muchas de estas personas de acceso al computador por los medios tradicionales.

Ante este escenario se impone la concepción y el desarrollo de nuevas interfaces haciendo uso de canales de expresión alternativos o bioexpresiones., en un término amplio como convenimos en llamarlos. Emulando ciertos modos de comunicación básica o complementaria entre humanos, en este caso se trata de interactuar con el computador de la forma más natural y eficiente haciendo uso de posturas, movimientos, gestos y otras manifestaciones previamente establecidas y codificadas, recurriendo en los casos más severos a capacidades residuales con señales fisiológicas ligadas a intenciones e incluso a eventos previos como son los estados mentales.

En esta presentación, tras estas consideraciones se propone una clasificación de estas bioexpresiones, atendiendo tanto a su naturaleza (biomecánica, bioeléctrica y bioquímica), a la acción humana (estática, cinemática o dinámica, de presión de aire, electromuscular o de actividad cerebral), distinguiendo los órganos corporales (extremidades, cabeza, tronco, ojos, cerebro) y los dispositivos de captación correspondientes. Se expone igualmente el proceso de interpretación artificial de estas expresiones de entrada, y también de salida, para establecer el correspondiente diálogo persona- máquina.

En una última parte de la presentación se revisan algunos ejemplos de interfaces alternativas y ciertas aplicaciones, objeto de desarrollos del Grupo de Bioingeniería del CSIC en diferentes proyectos. Se hace especial énfasis en modalidades enfocadas a la población con deficiencias neuromotoras severas como son las personas con parálisis cerebral. En este sentido se describe la interfaz ENLAZA basada en movimientos de cabeza y algunas aplicaciones en las que se está usando (comunicación, conducción de vehículo robótico, control de entorno y juegos) y así mismo otros desarrollos (EMG, fuerzas y pesos) que se utilizan como elementos de interacción en sistemas de apoyo a la movilidad y manipulación con exoesqueletos, andadores inteligentes y manos artificiales.

Finalmente se presentan unas conclusiones de los trabajos de investigación llevados a cabo durante más de veinte años con consideraciones no solo de aspectos científico-técnicos sino de la necesaria simbiosis que debe establecerse entre los diversos agentes de los proyectos de este tipo y especialmente del papel del usuario en los mismos.

Grupos de tecnología By Google

Maríel Martínez

Google Developers Groups. Women (Spain)

Google y las comunidades locales de desarrolladores

Hay maneras en la vida de mejorar, tanto como persona, como individuo que aporte a la sociedad. Una es crear impactos positivos generando comunidades, y las inercias que se crean dentro de la comunidad, mejoran nuestra capacidad de aprender, crear, enseñar y repetir de nuevo este mismo ciclo.

En el ámbito de la tecnología, tenemos comunidades que actúan con carácter local, pero al mismo tiempo crean un movimiento de proyección mundial. Un ejemplo de estos son los Google Developer Groups (GDG) apoyados, como su nombre indica, por Google.

Los Google Developer Groups (GDG) son grupos orientados a desarrolladores que estén interesados en el uso de tecnología de Google; desde proyectos Web hasta proyectos hardware, utilizando los recursos y servicios que Google soporta y mantiene, como sus sistemas operativos para móviles o wearables (android y androidWear), así como su plataforma Google Chrome o las API de sus servicios (Google Maps, YouTube, Docs). Abiertos a todo el público, son gestionados por los propios usuarios de la comunidad. Cualquier persona con ganas y pasión por la tecnología puede tanto generar un GDG en su localidad como formar parte de lo ya existentes.

Los GDG tienen formas muy diferentes, que pueden ir desde un grupo reducido de personas que se reúne para ver los últimos vídeos que aparecen en la Red sobre avances tecnológicos, hasta una gran reunión con demostraciones y charlas técnicas o eventos como Code Sprints o Hackathons. Sin embargo, en su esencia, los GDG se centran en los desarrolladores y en contenido técnico. Son, por tanto, un lugar donde observar como utilizan la tecnología tanto usuarios como desarrolladores y empresas locales. Definitivamente, sirve para conocer a personas interesantes relacionadas con la tecnología :)

Actualmente y a través del directorio de Google, se puede localizar las ciudades donde hay establecidos GDGs, ver sus agendas y apuntarse a sus eventos. En España podemos encontrar 21 GDGs, y el número sigue creciendo. Es uno de los países con las comunidades más activas, indicativo de lo cual, en el año 2013 llegó a estar entre los 10 países que más eventos generaba en el mundo, incluso por delante de China (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localización los GDGs.

A nivel Global, actualmente los grupos tiene presencias en 102 países, y si unimos las comunidades creadas, más las que constan en formación, hay un total 531 GDGs, generando una actividad de más de 3400 eventos en los últimos 6 meses.

Proyecto de visibilidad de la mujer tecnóloga

A raíz de los eventos y encuentros que se realizan en los GDGs, de alguna manera ha sido siempre un tema a tener en cuenta la presencia de las mujeres, ya que el número de asistentes femeninos es notablemente inferior al masculino. No obstante, sí que hay mujeres trabajando en la tecnología y se están buscando herramientas o sistemas para mostrar su presencia (Figura 2).



Figura 2. Diversos eventos y encuentros GDGs.

Con este foco y la unión de varias organizadoras de GDGs, nace un proyecto, para elevar la visibilidad sobre el estado actual y futuro de las tecnólogas en España.

Se trata de una plataforma progresista y a nivel nacional, destinado a exhibir los proyectos innovadores y el talento de las mujeres. La propuesta se basa en un mapa dinámico, donde reunir un grupo consolidado de mujeres líderes de pensamiento, innovadoras, empresarias e influyentes para promover ideas, proyectos y alianzas. Lo haremos a través de un portal, constituyendo un mapa, por el cual ubicar y potenciar a las mujeres. De esta manera crear sinergías para generar un espacio de networking. Generando a su vez, sesiones en vídeos (podcast) con experiencias con el ámbito tecnológico y una serie de publicaciones cortas.

Para alcanzar el impacto deseado y promover este proyecto hay una serie de objetivos, tales como:

- Mostrar y promover la innovación de las mujeres.
- Discutir las mejores prácticas y modelos disruptivos para aumentar la presencia de las mujeres en las carreras de ingeniería y entre las empresas de tecnología.
- Conectar a las mujeres innovadoras con posibles colaboradores, simpatizantes, mentores e inversores.
- Inspirar a las mujeres de todas las edades, a seguir carreras en ingeniería y proyectos tecnológicos.

Para ello contaremos con la colaboración de Google y todas las personas que de alguna manera se vean con la pasión de invertir su tiempo y conocimiento, tanto a nivel personal o en nombre de instituciones.

(h)adas. Mujeres que crean, programan, prosumen, teclean

Remedios Zafra
Universidad de Sevilla

En esta conferencia nos preguntaremos sobre las relaciones hoy del género y la tecnología (contextos, herencias y potencias), enfatizando la posición política del sujeto “mujer” como agente y como asunto del discurso. Entendiendo aquí que mujer no alude a un significado estable ni monolítico, sino que operaría más bien como una posición donde confluyen experiencias distintas, complejas, eventualmente contradictorias, una posición no estática que se define en el contexto de otras muchas variables, donde “hablar como mujer” interesará para situar preguntas allí donde existe la inquietud de que un discurso afecte y se posicione políticamente respecto de ese “estado” desde el que se pronuncia.

Desde dicha posición, nos interesarán aquellas relaciones que pueden ayudarnos a entender y a construir época; y particularmente, a definir las condiciones contemporáneas de desigualdad de las mujeres en las tecnologías, no sólo en los clásicos escenarios de producción y consumo, sino también en los nuevos territorios de liminaridad que sugiere un mundo conectado. Con dicho propósito transitaremos por la actualidad de prácticas que históricamente han vinculado el trabajo de las mujeres con las máquinas como tecleadoras, maquiladoras, operadoras, prosumidoras, programadoras, y más recientemente productoras y creadoras en el contexto Internet, ayudándonos para ello de tres acciones que hablarían de distintas potencias políticas de la tecnología: programar, prosumir y teclear.

Nos interesará reflexionar sobre cómo estas “condiciones” están vinculadas con el mantenimiento o la resistencia a las formas de ese poder, a menudo invisible, (patriarcal y capitalista) que se vale de las máquinas para la apropiación de tiempos de nuestra vida y para la gestión del mundo conectado (orientando imaginarios, trabajos, aficiones, juegos, espacios, formación...). Un poder que propicia que las aficiones tecnológicas se conviertan en trabajos de prestigio en el caso de los hombres, mientras los contextos de las mujeres difieren de manera notable en su ser y en su expectativa y “soñar ser”. Un poder que no actúa como potencia que niega, que dice “no” (“No puedes ser ingeniera” o “No puedes crear una empresa de software”, por ejemplo), sino como potencia que atraviesa las cosas, que produce imaginario, que produce saber, que suscita placeres y que ha tendido a repetir mundos y a minusvalorar el saber de las mujeres como algo sin poder de reacción.

Claro que este poder no hablaría sólo de fuerzas de domesticación sino también (desde su facticidad) de fuerzas creativas y de posibilidades de intervención y creación de mundo (de “otro” mundo). Por ello, este planteamiento pretendería, de un lado, situar y hacer reflexivas algunas de las condiciones por las que este poder implícito patriarcal y capitalista que tiende a repetir el mundo, aleja a las mujeres de la ideación tecnológica. De otro, identificar formas y estrategias de transformación para enfrentarlo desde la conciencia crítica y la creación, apoyándonos, en este caso, en el arte político y ciberfeminista.

En este marco, las máquinas a las que nos referiremos oscilarán entre las consideradas alta y baja tecnología. De forma que en el discurso convivirán referencias a grandes equipos informáticos, dispositivos móviles, pero también a tecnologías domésticas que hablan igualmente de este poder (pongamos por ejemplo, la batidora o la máquina de coser). Máquinas que hablan de trabajos, empleos, aficiones y de un territorio que Internet convierte cada vez más en indefinido donde las clásicas delimitaciones entre lo público y lo privado, la afición y el empleo, la producción y el consumo llegan a ser en muchos casos obsoletas, recordando viejas desigualdades y apuntando nuevos desafíos. Visibilizando, en este sentido, territorios de prosumo que resultan sumamente familiares para las mujeres en su vinculación a la esfera doméstica, allí donde han sido tradicionalmente consideradas consumidoras mientras realizaban trabajos de “producción” de bienes (comida, vestido...) y servicios (cuidados de los que nacen, crecen, enferman...); trabajos valorados en el limbo del “no empleo”, como tantas nuevas prácticas que hoy surgen en la red donde las preguntas por su “género” y por el mundo conectado que construimos nos interpelan.

En esta conferencia lo dicho (el discurso) no obviará la importancia política de la escritura y del “cómo” (la forma), en cuya línea apuntaremos diversas estrategias creativas susceptibles de ser apropiadas para la intervención feminista en los modos de construcción de vida y tecnología. Dichas estrategias están desarrolladas en el libro homónimo “(h)adas” (término que alude aquí a mujeres que imaginan, trabajan, producen y usan tecnologías, programadoras de sus máquinas y no programadas para ellas).

Artículo relacionado:

Zafra, Remedios (2013). “Arte, Feminismo y Tecnología. Reflexiones sobre formas creativas y formas de domesticación.” *Quaderns de Psicologia*. Barcelona, UAB. <http://www.quadernsdepsicologia.cat/article/view/v16-n1-zafra/pdf-es>

Libro relacionado:

Zafra, Remedios (2013). (h)adas. Mujeres que crean, programan, prosumen, teclean. Madrid, Páginas de Espuma.

Análisis y Minería de Datos en los Sistemas Educativos

Sebastián Ventura
Universidad de Córdoba

La proliferación de los sistemas de e-learning y de otros tipos de software educativo, el uso de Internet en educación y la implantación de sistemas de información en las instituciones educativas ha dado lugar a la aparición de grandes repositorios de datos [Koedinger et al., 2008]. Todos estos datos proporcionan una fuente de información inestimable que puede ser explorada y explotada para comprender mejor cómo aprenden nuestros estudiantes [Mostow y Beck, 2006]. Por otra parte, uno de los mayores retos de las instituciones educativas es el uso inteligente de esos grandes repositorios de datos para mejorar de algún modo la calidad de las decisiones en la gestión universitaria [Bala y Ojha, 2012].

La aplicación de técnicas de descubrimiento de conocimiento en educación es un área de investigación emergente que se ha dado en denominar minería de datos educativos (Educational Data Mining, EDM). Su objetivo es el desarrollo de métodos para explorar los datos procedentes de los sistemas educativos, de manera que obtengamos nuevo conocimiento que pueda ser aplicado para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje [Romero y Ventura, 2010].

En EDM se analizan datos generados por cualquier tipo de sistema de información que dé soporte al aprendizaje, sea cual sea el nivel educativo considerado o el tipo de metodología educativa implementada. Estos datos no se restringen a interacciones de los estudiantes con el sistema educativo tales como patrones de navegación, respuestas en cuestionarios o ejercicios interactivos, sino que también puede incluir datos de colaboración de los estudiantes (como las conversaciones en un chat), datos administrativos (como el centro educativo o el profesor en cuestión), datos demográficos (como sexo o edad), datos relativos a la afectividad o motivación del estudiante, etc. Como puede comprobarse, se trata de una definición muy amplia, en la que están implicados todos los agentes del sistema educativo, a saber, estudiantes, profesores y la propia institución educativa [Scheuer y McLaren, 2011].

EDM es un área de investigación multidisciplinar en la que, además de las disciplinas propias de la minería de datos (recuperación de información, análisis visual de datos, análisis de redes sociales, estadística, o aprendizaje automático) participan áreas tales como la psicopedagogía, la psicología cognitiva o la psicometría. De hecho, esta disciplina puede considerarse como una combinación de tres áreas principales: ciencias de la computación, ciencias de la educación y estadística. El objetivo de esta conferencia es introducir las características más relevantes de esta disciplina, así como la de otras íntimamente relacionadas como la denominada analítica del aprendizaje (Learning Analytics, LA) o analítica académica (Academic Analytics, AA), describir el tipo de información sobre la que actúan y cómo la utilizan, mostrar las técnicas empleadas en el descubrimiento de información relevante para los distintos agentes del sistema educativo y, finalmente exponer algunos casos de éxito realizados hasta la fecha y algunos de los retos que se plantean a los investigadores de este área en los próximos años.

eGames applied to interaction strategies in practice. Digital anthropology and actual learning

Prof. Dr. Daniel Burgos
UNESCO Chair on eLearning
Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Anthropology combines Sociology, Biology and Humanities, to carry out a deep analysis of the Human being and the group. In any type of Society and cultural representation, games are a key part of this analysis. Thanks to games children develop some key features that will support them when they become adults, from hunting to counting, through solving problems, and learning other fundamental skills. In addition, for adults, games are the natural way to approach situations like negotiations and meetings, where everyone plays a role, and every individual has to find the right place, and way of communication. However, we cannot keep talking just about the original structure in ancient tribes to understand Anthropology. Nowadays, the social unit consists of distributed contacts and cloud services which facilitate a 24/7, umbilical connection to the group. With this background, eGames & Gamification techniques look like a natural evolution to achieve real learning in a digital context, based on interaction and social strategies with social networks, learning management systems, entertainment apps, and overall tools straightly targeting a social life. In this setting, learning happens anytime, anywhere. This is Digital Anthropology. And eGames & Gamification have a word to say.

Sistemas Colaborativos y CSCL

Evaluando el soporte al *awareness* del sistema de programación colaborativa COLLECE con técnicas de seguimiento ocular

Ana Isabel Molina
Univ. de Castilla-La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
+34 926 295 300
Analsabel.Molina@
uclm.es

Jesús Gallardo
Universidad de Zaragoza
Ciudad Escolar, s/n
44003 Teruel
+34 978 645 387
Jesus.Gallardo@
unizar.es

Miguel Ángel Redondo
Univ. de Castilla-La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
+34 926 295 300
Miguel.Redondo@
uclm.es

Crescencio Bravo
Univ. de Castilla-La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
+34 926 295 300
Crescencio.Bravo@
uclm.es

RESUMEN

El área del aprendizaje de la programación puede beneficiarse de los principios del CSCW. Existen varios sistemas que han abordado esta problemática, siendo el soporte al *awareness* limitado en la mayor parte de ellos. Con el objetivo de soportar tareas de programación colaborativa distribuida sincrónica se creó el sistema COLLECE. En este trabajo se describe una experiencia de evaluación de este sistema, incidiendo especialmente en las técnicas de soporte al *awareness* que incorpora. En dicho estudio se combinan varias técnicas de evaluación de sistemas interactivos (cuestionarios, *testing* en laboratorio, evaluación heurística y técnicas de seguimiento ocular), unas más subjetivas y otras más objetivas. El uso combinado de todas estas técnicas nos ha permitido realizar un análisis más completo del sistema COLLECE y, especialmente, de su soporte al *awareness*.

Categorías y Descriptores

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]

Términos Generales

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Palabras clave

Programación colaborativa, evaluación, usabilidad, *groupware*, *awareness*, *eye tracking*.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances que se han dado en los últimos años en el área de las telecomunicaciones e Internet han permitido la aplicación de los principios del CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) [1] en multitud de ámbitos. Una de las actividades que puede beneficiarse del trabajo en grupo es el ámbito de la **programación**. Con el objetivo de dar soporte a esta actividad se creó la aplicación COLLECE (*COLLaborative Edition, Compilation and Execution of programs*). COLLECE permite la edición, compilación y ejecución colaborativa sincrónica de programas en Java y C. Este sistema ha sido evaluado en distintas ocasiones y con distintos objetivos. Así, por ejemplo, se ha estudiado la calidad del *producto* obtenido por parte de un grupo de programadores, junto con el *proceso* que daba lugar a la solución grupal [2]. También se han realizado evaluaciones basadas en la opinión de usuarios del sistema, que han sido tanto estudiantes de programación como profesionales del ámbito del desarrollo *software* [3].

Uno de los aspectos más destacados a considerar en el desarrollo de cualquier sistema *groupware* es el *awareness* [4]. Se define *awareness* como la percepción de la actividad desarrollada por el resto de miembros del grupo de trabajo y el conocimiento sobre dicho grupo. El uso de las técnicas de *awareness* permite proporcionar un contexto para la propia actividad, mejorando la efectividad y eficiencia del trabajo en grupo [5].

En este trabajo nos centramos en analizar y evaluar el soporte al *awareness* proporcionado por el sistema COLLECE. A diferencia de evaluaciones anteriores, principalmente basadas en la opinión subjetiva de los usuarios, en este trabajo se propone complementar dicha información con la proporcionada por un dispositivo de seguimiento ocular (*eye tracker*). Dicha técnica ha sido empleada con éxito en varios estudios de evaluación de la usabilidad [6][7]. Su aplicación permite a los evaluadores obtener medidas más objetivas (de naturaleza fisiológica) sobre el comportamiento visual de los usuarios mientras interactúan con una aplicación interactiva.

Este artículo se estructura en las siguientes secciones. En la próxima sección se revisan los principales trabajos relacionados con el ámbito de la programación colaborativa, así como de las técnicas de evaluación de sistemas colaborativos. A continuación, en la sección 3, se describen las características del sistema COLLECE, centrándonos en comentar el soporte al *awareness* que dicha aplicación incorpora. En la sección 4 se pasa a describir los detalles del estudio empírico realizado, así como los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 5, se exponen las conclusiones extraídas del presente trabajo y las líneas de continuación del mismo.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existe un gran número de trabajos que han afrontado el reto de soportar la **programación colaborativa distribuida**. Así, por ejemplo, RECIPE (*REal-time Collaborative Interactive Programming Environment*) [8] permite a programadores distribuidos geográficamente participar de manera concurrente en el diseño, codificación, pruebas, depuración y documentación de un programa. Para conseguir esto, RECIPE facilita la conversión de compiladores y depuradores monousuario en aplicaciones colaborativas, así como la integración de editores colaborativos existentes en el sistema. Sin embargo, no ofrece herramientas especializadas para la comunicación entre los programadores y también carece de herramientas adecuadas de soporte al *awareness* debido a su alto acoplamiento. Otro entorno que soporta la edición, compilación y ejecución de programas, y que

también incorpora canales para comunicación basada en texto y audio es DPE [9]. Sin embargo, este sistema presenta también un soporte limitado para la coordinación de tareas y el soporte al *awareness*.

Otras aproximaciones similares han intentado integrar soporte colaborativo en el entorno Eclipse mediante *plug-ins*. Uno de los trabajos más maduros en este campo es *Jazz Sangam* [10], que incorpora mensajería instantánea y control de versiones, entre otras funcionalidades. Los sistemas de este tipo suelen también tener limitaciones en cuanto al *awareness* debido a su alto acoplamiento y también a la falta de herramientas de coordinación y comunicación especializadas. Así, la presencia de elementos de soporte al *awareness*, aspecto esencial para mejorar la experiencia de trabajo colaborativo, es una de las carencias más relevantes de la mayoría de sistemas que soportan la programación colaborativa. Por tanto, a la hora de desarrollar el sistema COLLECE, uno de los puntos en el que más se centraron los esfuerzos fue en que incorporara un adecuado soporte al *awareness*, tal y como se comentará en la sección 3.

Una de las principales necesidades que existen, una vez que un sistema colaborativo ha sido implementado, es evaluar el soporte que da a la actividad colaborativa [12]. Esta evaluación puede hacerse en distintas dimensiones. Por ejemplo, es especialmente relevante para nuestro trabajo la *evaluación del soporte al awareness*. Así, Mangan et al. [13] destacan la importancia y la complejidad de la evaluación del soporte al trabajo en grupo y en particular del soporte al *awareness*. En ese trabajo se destaca la importancia de realizar evaluaciones de este tipo, a ser posible con evaluaciones previas antes de los estudios definitivos. Otros trabajos, como el de Convertino et al. [14], han realizado evaluaciones del *awareness* de actividad, desarrollando tareas en las cuales se pongan a prueba los mecanismos, tanto para percibir el trabajo síncrono como para hacer lo propio con el asíncrono. La adecuada selección de estas actividades, replicando el trabajo real con las herramientas, se muestra entonces clave para llevar a cabo una evaluación de interés. En general, existen distintos problemas que se ha estudiado que deben considerarse a la hora de evaluar el soporte al *awareness*. Dos de estos problemas son, por un lado, el hecho de que la recepción de información de *awareness* pueda generar una interrupción en el trabajo del usuario y, por el otro, la posible intromisión en la privacidad del usuario que puede producirse al calcular y visualizar esta información. Ambos problemas se analizan en trabajos como el de Röcker y Magerkurth [15], en el cual se intenta buscar una aproximación distinta al diseño de interfaces de usuario que evite dichos problemas. Finalmente, destacamos la *checklist* propuesta por Antunes et al. [16], de gran utilidad para que los desarrolladores *software* puedan inspeccionar la calidad del soporte al *awareness* de sus desarrollos.

Por otro lado, existen distintos métodos, ampliamente utilizados, para la *evaluación de la usabilidad* de sistemas monousuario. Tal es el caso de las técnicas de análisis de la consistencia o inspección de estándares, el empleo de recorridos cognitivos, así como el uso de heurísticas de evaluación [12]. Sin embargo, estas técnicas, que han resultado válidas e útiles en su aplicación, a pesar de no contar con bases teóricas sólidas, no resultan fáciles de adaptar y aplicar al evaluar sistemas *groupware*. En este sentido, se han propuesto nuevas técnicas de evaluación de la usabilidad para estos sistemas. Destacamos las aportaciones de Pinelle y Gutwin [17], quienes proporcionan una definición de “*groupware usability*” definido “*extent to which a groupware*

system allows teamwork to occur –effectively, efficiently, and satisfactorily– for a particular group and a particular group activity”. Entre las nuevas técnicas de evaluación de usabilidad del *groupware* encontramos métodos de inspección [18], técnicas de recorrido cognitivo adaptado a sistemas colaborativos [17][19] y una adaptación de las heurísticas de Nielsen para su aplicación a este tipo de *software* [20].

Sin embargo, la mayoría de estas técnicas de evaluación se basan en *frameworks* heurísticos y el uso de cuestionarios, cumplimentados por expertos (en el caso de la evaluación heurística) o por usuarios del sistema. La mayor parte de estas técnicas son altamente subjetivas y, por tanto, los resultados obtenidos al aplicarlas están muy sujetos a sesgos. En este trabajo nos proponemos complementar dicha evaluación con técnicas más objetivas, en particular con técnicas de seguimiento ocular (*eye tracking*) [6]. Las sesiones de *eye tracking* permiten extraer conclusiones sobre el comportamiento de exploración visual que realizan los usuarios al interactuar con un sistema *software*. Puesto que se trata de medidas de naturaleza fisiológica, los resultados obtenidos no están tan sujetos a sesgos ni pueden ser controlados por los usuarios. Dicha técnica de análisis ha sido empleada de forma exitosa en estudios de usabilidad de sistemas interactivos monousuario, principalmente en el ámbito web [6][7]. En los últimos años también está despertando interés su uso en situaciones multiusuario, apareciendo, así, nuevos conceptos como el llamado *dual eye tracking* [21] o la transferencia en remoto de los puntos en los que está fijando un usuario su atención visual (el llamado *gaze-transfer* [22]).

Durante una sesión de *eye tracking* se recopila gran cantidad de *métricas* [7], que pueden emplearse para conocer las áreas de la interfaz en las que los usuarios centran más su *atención*, el *patrón de escaneo* de los distintos elementos que componen la interfaz o el *esfuerzo cognitivo* que les supone tratar de entender la información visual proporcionada. La mayoría de estas métricas están relacionadas con el número y duración de las llamadas *fijaciones*, que se obtienen por la estabilización de los ojos en un área de la imagen visualizada por un periodo de tiempo determinado. Sin embargo, algunas de las métricas que se obtienen en una sesión de este tipo pueden tener más de una interpretación, por lo que se recomienda complementarlas con otras fuentes de información.

Vemos, por tanto, que existe un gran potencial en la utilización de esta nueva fuente de información para evaluar sistemas interactivos, en general, y sistemas *groupware*, en particular. El uso de las medidas proporcionadas por el *eye tracker* permite contrastar y complementar otras fuentes de información habitualmente utilizadas para testear este tipo de sistemas. En nuestro caso la emplearemos para averiguar el uso que hacen los usuarios de las distintas técnicas de *awareness* incluidas en el sistema COLLECE, cuyas principales características se detallan en la siguiente sección.

3. COLLECE

El entorno COLLECE (*COLL*aborative *E*dition, *C*ompilation and *E*xecution of programs) [3] es un sistema que da soporte a la edición, compilación y ejecución de código fuente de manera colaborativa distribuida síncrona. Actualmente, el entorno es capaz de dar soporte al trabajo con los lenguajes de programación Java y C. En COLLECE, como en otros sistemas similares, los usuarios se agrupan en sesiones de trabajo en las cuales resuelven un problema de programación. Este problema puede implicar desarrollar código desde cero o modificar código existente.

COLLECE está pensado principalmente para fines educativos. Por este motivo, se distinguen dos *roles*: profesores y alumnos. Los profesores son capaces de definir sesiones de trabajo y de distribuir a los usuarios participantes en ellas. Una vez que el usuario elige la sesión en la cual entrar, el usuario pasa a ver la interfaz de usuario principal de COLLECE (Figura 1).

El área principal de la interfaz de usuario de COLLECE es el editor colaborativo de código (1), en el cual se elabora el programa que debe resolver el problema propuesto. Ese programa posteriormente se compilará y ejecutará, obteniendo la salida en la ventana de consola (2). Para poder editar el código, se establece un *protocolo de coordinación* que regula el turno de edición. Esto se consigue mediante el *panel de turno* (3). Se trata de un componente gráfico mediante el cual los usuarios pueden manifestar su intención de tomar el turno de edición del código. Cuando un usuario ha realizado una petición de toma de turno, los demás dan su opinión afirmativa o negativa mediante otros botones de este mismo panel. Cuando todos los usuarios están de acuerdo en dar el turno al usuario que lo solicitó, se produce el cambio.

A la hora de decidir si compilar y ejecutar el programa que se está editando se sigue un procedimiento similar al antes descrito, pero utilizando otros dos paneles (4 y 5) que sirven para tomar las decisiones en cuanto a cuándo compilar y cuándo ejecutar, respectivamente. Aparte de los ya comentados, otros elementos gráficos reseñables de la interfaz de usuario de COLLECE son el *chat* (6) y el *panel de sesión* (7). El chat es un *chat estructurado* que permite clasificar los mensajes gracias a un conjunto de *introdutores de sentencias* predefinidos (por ejemplo: “Pienso que...”, “Veo un fallo en...”, “Falta un...”) [23]. En cuanto al panel de sesión, éste incluye la información de nombre y foto de cada uno de los usuarios participantes en la sesión de trabajo, así como su estado (*editando*, *compilando*, etc.). Tanto el nombre como el estado están escritos en un color característico que, como se verá más adelante, identifica a ese usuario en ciertos elementos de soporte al *awareness*.

Además del soporte a la coordinación (panel de turno de edición, panel de compilación, panel de ejecución) y del soporte a la comunicación (chat estructurado), hay que destacar en COLLECE su soporte al *awareness*. Según [24], la ausencia de *awareness* es uno de los principales problemas del desarrollo de *software* distribuido. Para evitar este problema, en COLLECE se provee de información referente acerca de las personas, su estado y sus acciones. En la Figura 1 se resaltan los siguientes elementos de soporte al *awareness*: (a) ruta del archivo que se está editando, (b) línea que se está editando resaltada con el color característico del usuario que lo está haciendo (*telecursor*), (c) *barra de desplazamiento colaborativa* (*barra multiscroll*) para indicar dónde está trabajando el usuario que edita, también usando el color que le identifica, (d) *línea* que se está editando en un momento dado, (e) último evento que se ha reflejado en el panel de turno (también en los otros paneles), (f) *semáforo* que se pone de color verde cuando otro usuario ha llevado a cabo una petición que requiere respuesta, (g) nombre del usuario que está editando en ese momento, (h) el propio *panel de sesión*, que incluye (i) el usuario que edita, compila o ejecuta con el estado correspondiente y (j) el usuario al que pertenece la interfaz dentro de un recuadro, y (k) *estado* actual del trabajo en la sesión.

Para terminar esta descripción de COLLECE, cabe reseñar también su *sub-sistema de análisis de la colaboración e interacción*. Este sub-sistema parte del marco de análisis proceso-

solución propuesto en [3] y se basa en el manejo de *indicadores de análisis* que dan información sobre la actividad individual, la forma en la que se lleva a cabo la colaboración y la calidad del producto desarrollado.

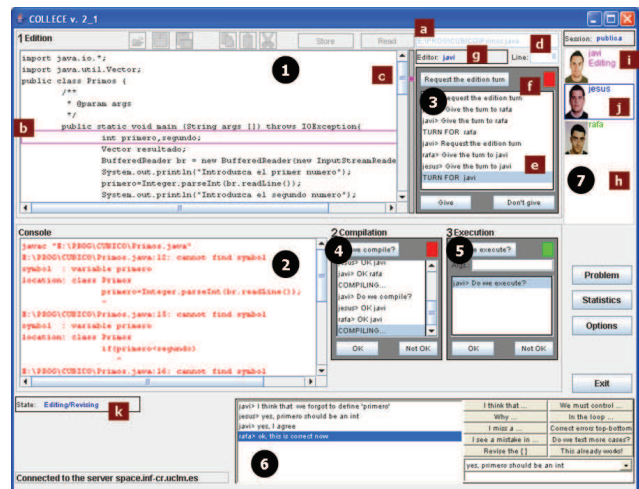


Figura 1. Interfaz de usuario de COLLECE.

Tal y como se ha comentado en la introducción, COLLECE ha sido evaluado en distintas ocasiones y con distintas perspectivas, pero en la mayor parte de ellas la fuente de información utilizada ha sido de naturaleza subjetiva, esto es, basada en la opinión de alumnos o desarrolladores *software*, siendo el uso de *cuestionarios* la técnica de evaluación más empleada. Proponemos, en este trabajo, complementar dicha evaluación con otra información, de naturaleza más objetiva, que puede recopilarse durante la actividad de edición colaborativa. Así, en dicha evaluación se combinarán el uso de las técnicas de *cuestionarios de percepción subjetiva*, *evaluación heurística*, técnicas de *testing*, *thinking aloud retrospectivo* (RTA) [25] y, finalmente, técnicas de *eye tracking*, realizadas en el contexto de un *laboratorio de usabilidad*.

4. EVALUACIÓN DE COLLECE

En esta sección se describirán los detalles de la experiencia realizada para evaluar las distintas técnicas de soporte al *awareness* que incorpora el sistema COLLECE. Nos centraremos en evaluar la *utilidad* que cada una de ellas tiene para los usuarios durante una sesión de programación colaborativa. Para ello, se usarán distintas fuentes de información, tanto indirectas y subjetivas como directas y más objetivas (las métricas proporcionadas por un dispositivo de seguimiento ocular, entre otras). A continuación, se describirá la muestra que participó en esta experiencia, así como la tarea que tuvieron que realizar, pasando, después, a comentar el diseño del experimento y los resultados obtenidos en el mismo.

4.1 Participantes

En la experiencia participaron un total de diez sujetos, todos ellos alumnos de la asignatura *Sistemas para la Colaboración* de quinto curso de la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), que accedieron a participar de forma voluntaria en la misma. Los alumnos cumplimentaron un *pretest* que nos permitió conocer su *perfil*. Todos ellos tenían buenos conocimientos en programación Java y conocían la terminología propia del ámbito del CSCW, así como

el concepto de *awareness* y las principales técnicas de soporte al mismo.

4.2 Tarea experimental

La tarea que tuvieron que realizar los alumnos consistía en modificar un programa Java suministrado en la sesión. Dicho programa utilizaba el framework ICE (*Internet Communication Engine*¹) para crear diferentes procesos cliente y servidor, por lo que la tarea tenía una complejidad media. Los alumnos disponían de un tiempo máximo de 15 minutos para completar la actividad.

Se crearon cinco grupos de dos alumnos cada uno, siendo la distribución de los alumnos en dichos grupos totalmente aleatoria.

4.3 Equipamiento

La experiencia se realizó en el *Laboratorio de Usabilidad* con el que cuenta el grupo CHICO [26], de la UCLM. Para la realización de las pruebas se hizo uso de un equipamiento de seguimiento ocular (sistema Tobii, modelo X60)². Para el diseño, realización y posterior análisis de la sesión de *eye tracking* se hizo uso del software *Tobii Studio* versión 3.0.2.

En las pruebas se contó con dos equipos, uno para cada miembro de la pareja. Ambos equipos estaban conectados a Internet. A pesar de que los dos usuarios estaban en el mismo laboratorio, no podían ver la pantalla del otro miembro del grupo, ni podían hablar entre ellos, sino que debían hacerlo usando las herramientas de comunicación y coordinación de COLLECE, de manera que se reprodujese de la forma más fiel posible el escenario de edición colaborativa distribuida soportada por este sistema. Uno de los miembros del grupo usaba el computador que incluía el equipamiento de seguimiento ocular, mientras que la actividad del segundo miembro del grupo era grabada mediante una cámara de vídeo que apuntaba a su pantalla.

4.4 Diseño experimental

En el desarrollo de este estudio empírico se siguieron tres etapas: cumplimentación del *pretest*, *fase de intervención o test* (realización de la tarea experimental) y *posttest*. Cada pareja de participantes fue citada a distinta hora para realizar la experiencia, siendo la duración máxima de la prueba para cada grupo de 15 minutos de duración. En el diseño y posterior desarrollo de las pruebas de *eye tracking* se siguieron las *recomendaciones metodológicas* de Nielsen y Pernice [27].

Antes de pasar a la realización de la tarea experimental (o fase de *test*), los participantes cumplimentaban el *pretest* en papel. Dicho cuestionario pretendía determinar el *perfil* del usuario, para lo cual se incluyeron varias cuestiones que debían ser puntuadas en una escala *Likert* (de 1 a 5). Para cada ítem los sujetos indicaban su nivel de acuerdo o desacuerdo con respecto a seis afirmaciones que pretendían medir su nivel de conocimientos en programación y su nivel de conocimientos en Java y en ICE; su nivel de conocimientos teóricos sobre *sistemas colaborativos* y técnicas de soporte al *awareness*; y, finalmente, su experiencia en el uso de herramientas colaborativas, herramientas de programación colaborativa y en el uso de la herramienta COLLECE. A continuación, los alumnos debían puntuar, en una escala de 1 a 5, el nivel de *facilidad de uso percibida* (PEU), *utilidad percibida*

(PU) e *intención de uso* (ITU) de cada una de las técnicas de *awareness* incluidas en la interfaz del sistema COLLECE (y descritas en la sección 3). Estas tres características son las que pueden medirse al aplicar el *framework* de evaluación TAM (*Technology Acceptance Model*) propuesto por Davis [28].

Concluido el *pretest*, las parejas de estudiantes pasaban a la *fase de intervención o test*. Antes de empezar, se realizaba la calibración del dispositivo de *eye tracking* para uno de los integrantes de la pareja. Es necesario comentar que no todas las personas pueden participar en una experiencia de este tipo. Así, existen problemas de calibración cuando el participante usa gafas bifocales, lentillas o si las condiciones de iluminación no son las apropiadas [29]. Estos factores afectan a la fiabilidad y validez de los datos obtenidos, por lo que los sujetos que presenten alguno de estos problemas deben ser eliminados de la muestra final.

Una vez que las parejas de alumnos finalizaron la tarea de modificación y ampliación del programa planteado, pasaron a completar de forma individual el *posttest*. En esta última fase los alumnos debían puntuar, utilizando la misma escala que se les suministró antes de la prueba (y adaptada del modelo de evaluación TAM), la *facilidad de uso percibida* (PEU) y la *utilidad percibida* (PU) de los principales elementos de soporte al *awareness* soportados por COLLECE, pero teniendo en cuenta, en este caso, el uso que de los mismos habían hecho durante la realización de la tarea experimental.

Finalmente, y teniendo en cuenta el perfil de los participantes en la prueba (alumnos de la asignatura de *Sistemas para la Colaboración*), se pidió a los diez participantes que adoptaran el rol de expertos en interfaces de usuario *groupware*, pasando a realizar una *evaluación heurística* del sistema COLLECE, empleando para ello las dimensiones y sub-dimensiones que incorpora el *framework* de Gutwin y Greenberg [30].

4.5 Resultados y discusión

En esta sección se analiza e interpreta toda la información recopilada durante la experiencia. Tal y como se ha comentado, se incluyen valores obtenidos de distintas fuentes. Algunos de ellos son de naturaleza objetiva (tiempo total empleado para realizar la tarea y las métricas proporcionadas por el *eye tracker*), mientras que otros se obtienen a partir de los cuestionarios suministrados (conocimientos previos, utilidad percibida, intención de uso, etc.).

En la Tabla 1 se muestran los valores relativos al *perfil de los usuarios* que participaron en la experiencia. Se muestran los valores medios de las respuestas dadas por los participantes. Tal y como podemos ver en esta tabla, los participantes tenían poca experiencia en el uso de la herramienta objeto de evaluación ($M = 1,70$), aunque tenían un conocimiento medio respecto a los fundamentos teóricos sobre CSCW ($M = 2,80$) y *awareness* ($M = 2,60$). La mayor parte de ellos tenían la percepción subjetiva de que eran buenos en programación ($M = 3,90$) y en el uso del lenguaje Java ($M = 4,00$), aunque no tanto en ICE ($M = 1,60$). No obstante, al tratarse de una tarea de comprensión y modificación de un programa dado, 2 de los 5 grupos fueron capaces de resolver la tarea en el tiempo establecido, por lo que los niveles de conocimiento de Java y ICE no son un factor que afecte negativamente al experimento.

Tabla 1. Perfil de los participantes en el estudio empírico

	Puntuación*
--	-------------

¹ <http://www.zeroc.com/ice.html>

² <http://www.tobii.com>

Nivel de conocimiento en <i>programación</i>	3,90 (0,57)
Nivel de conocimiento en <i>lenguaje Java</i>	4,00 (0,82)
Nivel de conocimiento en <i>ICE</i>	1,60 (0,52)
Nivel de conocimientos teóricos sobre <i>sistemas colaborativos</i>	2,80 (0,63)
Nivel de conocimientos teóricos sobre <i>técnicas de awareness</i>	2,60 (0,84)
Nivel de experiencia práctica en el uso de la <i>herramientas colaborativas</i>	2,80 (0,63)
Nivel de experiencia práctica en el uso de la <i>herramientas de programación colaborativa</i>	1,90 (0,88)
Nivel de experiencia práctica en el uso de la <i>herramienta COLLECE</i>	1,70 (0,82)

* Se muestra la *media* y, entre paréntesis, la *desviación típica*

Aunque, tal y como se ha comentado en la sección 3, COLLECE incluye una gran cantidad de elementos de soporte al *awareness*, vamos a centrar el análisis tan solo en algunos de ellos. En la figura 2 se resaltan los principales elementos que consideramos en el presente estudio. Las nueve áreas de la interfaz resaltadas en la figura son lo que, en terminología de la técnica de *eye tracking*, se conocen como *áreas de interés (AOI)*, es decir, las secciones de la imagen cuyo análisis es de interés para los evaluadores y, por tanto, para las que se extraerán las métricas correspondientes. En la imagen se resaltan las áreas de la interfaz que incluyen la visualización del *contexto compartido* (AOI-Código), esto es, el código que está siendo editado de forma colaborativa, así como las áreas ocupadas por las *herramientas de comunicación* (AOI-Chat) y *coordinación* (AOI-Panel de turnos). Además de estas tres áreas de interés se incluyen aquellas que delimitan seis de los elementos de la interfaz que más explícitamente soportan el *awareness*. En la Tabla 2 se definen cada una de ellas.

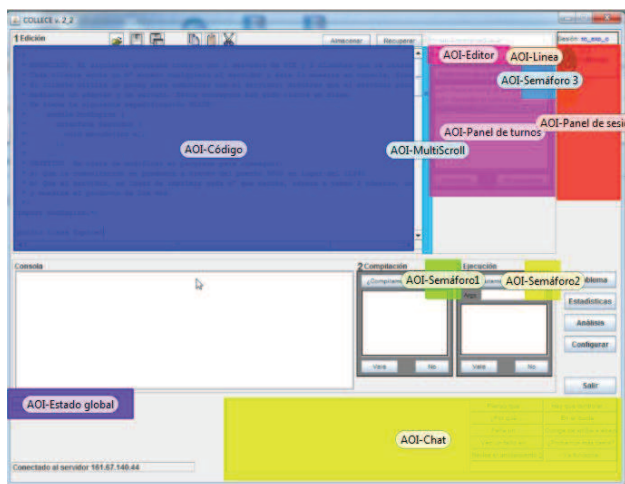


Figura 2. Áreas de interés (AOI) definidas en la interfaz de COLLECE.

Tabla 2. Definición de las áreas de interés (AOI) asociadas a los principales elementos de *awareness* de COLLECE

AOI	Herramienta de soporte al <i>awareness</i> incorporada COLLECE
AOI-Semáforos	Herramientas de toma de decisión sobre la tarea (<i>Área de semáforos</i>)
AOI-MultiScroll	<i>Telepuntero</i> del usuario remoto (usuario editor) en la <i>barra multiscroll</i>
AOI-Panel de sesión	Visualización de los participantes en la actividad

	(Panel de sesión)
AOI-Editor	Información visual sobre quién es el <i>editor</i>
AOI-Estado global	Indicador del <i>estado actual de la actividad</i> (<i>editando, compilando, ejecutando</i>)
AOI-Línea	Indicador del <i>número de línea</i> que se está editando actualmente

En la Tabla 3 se muestran las valoraciones que los diez participantes hicieron de las principales técnicas de *awareness*, antes (*pretest*) y después (*posttest*) de la tarea experimental, según las dimensiones del **framework de evaluación subjetiva TAM** [28]. Las dos dimensiones que más nos interesa contrastar son las que miden la *utilidad percibida* (PU) y la *intención de uso* (ITU). Teniendo en cuenta las respuestas dadas por los usuarios en el *pretest*, podemos ver que la mayoría de ellos consideran que los elementos que les resultarán más útiles (PU) y, por tanto, consultarán más (ITU) son el panel de sesión, el número de la línea que está siendo editada por el otro miembro del grupo y los semáforos, que les permiten coordinarse y tomar decisiones; siendo la barra *multiscroll* el elemento que consideran que menos usarán durante la experiencia. Comparando las respuestas dadas en el *pretest* con las dadas en el *posttest* podemos ver que, una vez realizada la tarea, los usuarios siguen considerando como elementos más útiles (PU) el panel de sesión y los semáforos ($M = 4,50$). Sin embargo, consideran que el número de línea en el que está trabajando el otro integrante del grupo no les ha aportado información tan útil durante la actividad ($M = 3,30$). En cuanto a la barra *multiscroll*, la valoración sobre su utilidad mejora una vez que han pasado la fase de *test*.

Tabla 3. Valoraciones de los elementos de *awareness* de COLLECE (framework TAM)**

	Pretest			Posttest	
	PEU*	PU*	ITU*	PEU*	PU*
AOI-Panel de sesión	4,70 (0,48)	4,50 (0,71)	4,50 (0,71)	4,70 (0,48)	4,50 (0,85)
AOI-Editor	4,50 (0,71)	4,20 (1,03)	4,30 (1,06)	4,20 (0,92)	4,30 (0,82)
AOI-MultiScroll	4,30 (0,95)	4,00 (1,33)	3,70 (1,34)	4,50 (1,27)	4,40 (1,35)
AOI-Semáforos	4,40 (0,84)	4,50 (0,71)	4,30 (0,82)	4,40 (0,84)	4,50 (0,71)
AOI-Estado global	4,00 (1,15)	3,90 (0,88)	3,80 (1,03)	3,90 (0,99)	3,50 (0,97)
AOI-Línea	4,50 (0,42)	4,50 (0,71)	4,40 (0,70)	3,70 (1,42)	3,30 (1,64)

* Se muestra la *media* y, entre paréntesis, la *desviación típica*

** Valores para $n=10$ participantes

A continuación se comentarán los resultados y **métricas** obtenidos mediante el dispositivo de seguimiento ocular. En este caso sólo se pueden comentar los datos correspondientes a los cinco participantes cuyo comportamiento fue registrado por el *eye tracker*. Tal y como se comentó en la sección 2, la mayoría de métricas calculadas en una sesión de *eye tracking* se calculan a partir de las *fijaciones*. Así, por ejemplo, un mayor *número de fijaciones* en una determinada área de la imagen indica un mayor interés por parte del sujeto en la información suministrada en dicha área. Las cuatro métricas que permiten determinar el nivel de *interés* y, por tanto, *utilidad*, de una determinada parte de la

interfaz son [7]: el número de fijaciones en un AOI (#Fij), la duración total de las fijaciones (DTF), la duración total de las visitas a una determinada AOI (DTV) y el tanto por ciento del tiempo total de inspección (%Insp) dedicado a mirar una determinada AOI. Las duraciones y tiempos calculados se miden en segundos. En la Tabla 4 podemos ver los valores de todas estas métricas para las nueve áreas de interés definidas en el interfaz de usuario de COLLECE.

Tabla 4. Métricas proporcionadas por el dispositivo eye tracker**

AOI	#Fij*	DTF*	DTV*	%Insp*
AOI-Código	1693,20 (287,20)	414,59 (76,60)	538,80 (105,44)	45,47 (3,69)
AOI-Chat	643,40 (161,13)	184,50 (54,99)	236,48 (74,16)	20,00 (5,09)
AOI-Panel de turnos	115,40 (66,80)	26,23 (17,00)	30,50 (18,86)	2,48 (1,36)
AOI-awareness	#Fij*	DTF*	DTV*	%Insp*
AOI-Panel de sesión	26,00 (17,82)	5,55 (3,76)	6,35 (4,15)	0,52 (0,31)
AOI-Editor	16,20 (10,43)	4,39 (3,28)	4,56 (3,30)	0,41 (0,30)
AOI-MultiScroll	13,20 (13,66)	4,08 (4,73)	4,23 (4,78)	0,35 (0,38)
AOI-Semáforos	11,40 (8,17)	1,97 (1,36)	2,01 (1,39)	0,16 (0,10)
AOI-Estado global	5,60 (2,41)	1,09 (0,64)	1,14 (0,65)	0,10 (0,06)
AOI-Línea	2,00 (2,35)	0,30 (0,31)	0,32 (0,33)	0,03 (0,03)

* Se muestra la media y, entre paréntesis, la desviación típica

** Valores para n=5 participantes (cuyo comportamiento fue registrado con el eye tracker)

Considerando los valores calculados para cada AOI (Tabla 4), podemos comprobar como los usuarios dedican la mayor parte del tiempo a trabajar en el área de edición colaborativa (AOI-Código), así como a hacer uso de las herramientas de comunicación (chat) y coordinación (Panel de turnos). En relación a los elementos de awareness soportados por COLLECE, y ordenando según el valor de las cuatro métricas de interés consideradas (Figura 3), podemos ver como el elemento más consultado es el panel de sesión. Esta métrica coincide con la valoración subjetiva que dieron los participantes en los cuestionarios TAM (Tabla 5), ya que éste fue el elemento considerado más útil (PU) y el que tenían más intención de usar (ITU) ($M = 4,80$). Según las métricas calculadas, los elementos menos consultados por los participantes (a los que dedicaron menos tiempo de inspección) fueron el indicador del estado global y el número de línea en el que está trabajando el otro miembro del grupo (Tabla 4 y Figura 3). Efectivamente, en el *posttest* (Tabla 5) estos fueron los elementos menos valorados (bajando la valoración de PU para ambos elementos con relación a las valoraciones dadas a los mismos en el *pretest*) (Tabla 5).

Tabla 5. Valoraciones de los elementos de awareness de COLLECE (framework TAM)**

	Pretest		Posttest
	PU*	ITU*	PU*

AOI-Panel de sesión	4,80 (0,45)	4,80 (0,45)	4,60 (0,89)
AOI-Editor	4,00 (1,22)	4,00 (1,22)	4,00 (1,00)
AOI-MultiScroll	3,60 (1,67)	3,60 (1,67)	3,80 (1,79)
AOI-Semáforos	4,80 (0,45)	4,60 (0,55)	4,60 (0,55)
AOI-Estado global	4,00 (1,00)	4,00 (1,00)	3,00 (1,00)
AOI-Línea	4,40 (0,89)	4,20 (0,84)	3,60 (1,95)

* Se muestra la media y, entre paréntesis, la desviación típica

** Valores para n=5 participantes (cuyo comportamiento fue registrado con el eye tracker)

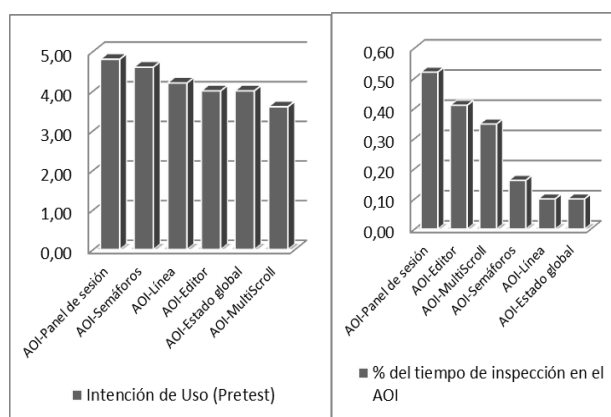


Figura 3. Ordenación de los elementos de awareness según ITU (izquierda) y %Insp (derecha).

Finalmente, tal y como se comentó en la sección 4.4, se pidió a las alumnos que valoraran el soporte de la interfaz de COLLECE proporcionaba a cada una de las dimensiones incluidas en el *framework de Gutwin y Greenberg* [30]. En la Tabla 6 podemos ver los valores que asignaron a cada una de ellas. Los participantes valoraron que el soporte a la dimensión *quién* de COLLECE era muy bueno, destacando principalmente la valoración de la sub-dimensión *identidad* ($M = 4,70$). Dicha información se muestra en el panel de sesión de la aplicación que, tal y como se ha comprobado, es el elemento más consultado (mayor %Insp) y considerado más útil (mayor valor de PU) por los participantes en la actividad. En cuanto a la dimensión *qué*, que permite definir la acción que están realizando los otros miembros del grupo y qué objetos están manipulando, fue valorada de forma positiva, aunque no tanto como la anterior dimensión. En cuanto a las sub-dimensiones relacionadas con el *qué*, aquellas sub-dimensiones que hacen referencia a los *cambios* que están realizando los integrantes del grupo ($M = 4,30$) y sobre *qué artefactos* los están realizando ($M = 4,00$) fueron las más valoradas, siendo la que indica el *nivel de actividad* ($M = 2,80$) la menos soportada por la interfaz de COLLECE. La dimensión *dónde* fue la considerada como la peor soportada por el sistema. De hecho, las sub-dimensiones peor puntuadas fueron las que hacen referencia a dónde están mirando el resto de integrantes del grupo. Dicha dimensión no es soportada por COLLECE (ni por la mayoría de sistemas *groupware* existentes) ya que, precisamente, se necesitaría contar con un equipo de seguimiento ocular para poder registrar dicha información y transmitirla a los otros miembros del grupo. Esa es la idea en la que se basan trabajos

recientes que abordan el llamado *gaze-transfer* en el contexto de sistemas de trabajo en grupo e, incluso, en contextos de programación en grupo [31][32].

Tabla 6. Soporte a las dimensiones de *awareness* del sistema COLLECE según el *framework* de Gutwin y Greenberg*

Dim.	Sub-dimensión	Puntuación*
QUIÉN	Presencia - ¿Hay alguien en el espacio de trabajo?	4,50 (0,85)
	Identidad - ¿Quién está participando en la actividad? ¿Quiénes son?	4,70 (0,67)
	Autoría - ¿Quién está haciendo qué cosa?	4,50 (0,71)
QUÉ	Acción - ¿Qué están haciendo los otros usuarios? ¿Cuáles son sus tareas o actividades actuales?	3,60 (1,07)
	Intención - ¿De qué objetivo forma parte la acción que están realizando?	3,30 (1,16)
	Artefactos - ¿En qué objetos están trabajando?	4,00 (0,94)
	Cambios - ¿Qué cambios están realizando? ¿Dónde están realizando dichos cambios?	4,30 (0,95)
	Nivel de actividad - ¿Están activos en el espacio de trabajo? ¿Con qué rapidez trabajan?	2,80 (1,14)
DÓNDE	Localización - ¿Dónde están trabajando los otros usuarios?	3,50 (1,43)
	Mirada - ¿Dónde están mirando? ¿En qué parte del contexto compartido está su foco de atención?	2,90 (1,20)
	Vista - ¿Qué están viendo?	2,90 (1,20)
	Alcance - ¿Qué pueden llegar a hacer?	3,30 (1,42)

* Se muestra la *media* y, entre paréntesis, la *desviación típica*

** Valores para $n=10$ participantes

Una vez concluida la fase de *test* y *posttest* los alumnos volvieron a visionar las grabaciones realizadas durante la tarea experimental, realizándose así una sesión de **thinking aloud retrospectivo (RTA)** [25] en el que se buscaba conocer las impresiones de los participantes respecto al sistema COLLECE. A continuación se realizó una breve *entrevista* con los participantes. Esta fase permitió identificar cuáles eran considerados los puntos fuertes y débiles del sistema, así como posibles propuestas de mejoras. Entre los elementos más valorados por los participantes se encuentra el soporte a la coordinación basada en la cesión de turnos y entre los más criticados el *chat estructurado*. También varios participantes propusieron mejorar la identificación de *dónde* está editando el otro integrante del grupo. Aunque visualmente esta información se muestra mediante el AOI-Línea, quizás su localización en la interfaz, formato de visualización o tamaño no sea el más adecuado, ya que, tal y como se ha comprobado, a pesar de ser uno de los elementos con mejor valoración en intención de uso (ITU) en el *pretest*, fue de los menos atendidos visualmente por los alumnos (%Insp) y considerado como menos útil durante la tarea (PU en *posttest*). Los participantes también propusieron incluir un canal adicional de audio, mostrar en el contexto compartido (AOI-Código) la numeración de las líneas de código y flexibilizar la política de toma de decisiones en grupo, que en la versión actual de COLLECE se basa en el consenso de todos los miembros. Esta última mejora será de especial interés cuando el número de integrantes de cada grupo sea mayor que dos.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha descrito una experiencia de evaluación del sistema de programación colaborativa distribuida

síncrona COLLECE. A diferencia de evaluaciones anteriores, la evaluación realizada combina varias técnicas de evaluación de sistemas interactivos multiusuario. Así, se han aplicado, de forma conjunta, técnicas de *inspección* (evaluación heurística), *indagación* subjetiva (cuestionarios, entrevistas), así como técnicas de *testing* en un laboratorio de usabilidad (RTA y *eye tracking*). Mientras que la evaluación heurística basada en *checklists* es una técnica común en la literatura [16], la utilización de técnicas de *eye tracking* resulta más novedosa para la evaluación del soporte al *awareness*.

Somos conscientes del tamaño reducido de la muestra que ha participado en esta primera experiencia, por lo que los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela y considerados como preliminares. El tamaño, en gran medida, está condicionado por la dificultad que supone analizar información dinámica cuando se aplican técnicas de *eye tracking*. Nos planteamos, por tanto, como continuación de este trabajo, replicar esta experiencia con una muestra mayor, que permita obtener resultados más concluyentes.

6. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido parcialmente soportado por el proyecto coordinado EDUCA-Prog del Ministerio de Ciencia e Innovación (TIN2011-29542-C02-02). Los autores quieren agradecer su participación a los alumnos de la UCLM que accedieron a participar en esta experiencia.

7. REFERENCIAS

- [1] Greif, I., 1988. *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*. San Mateo, CA, Morgan Kaufmann.
- [2] Bravo, C., Redondo, M.A., Verdejo, M.F., Ortega, M., 2008. Framework for process and solution analysis in synchronous collaborative learning environments. *International Journal of Human-Computer Studies* 66 (11), 812–832.
- [3] Bravo, C., Duque, R., Gallardo, J., 2013. A groupware system to support collaborative programming: Design and experiences. *Journal of Systems and Software* 86 (7), pp. 1759–1771.
- [4] Dourish, P., Bellotti, V., 1992. Awareness and Coordination in Shared Workspaces. *Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work CSCW'92*, Toronto, Canada, ACM Press, New York.
- [5] Gallardo, J., Molina A.I., Bravo, C., Redondo, M.A., Collazos, C.A., 2011. An ontological conceptualization approach for awareness in domain-independent collaborative modeling systems: Application to a model-driven development method. *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 1099–1118.
- [6] Nielsen, J., Pernice, K., 2010. *Técnicas de Eye Tracking para usabilidad Web*. ANAYA Multimedia. New Riders, 2010.
- [7] Poole, A., Linden, J.B., 2004. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects.
- [8] Shen, H., Sun, C., 2000. : RECIPE: a prototype for Internet-based real-time collaborative programming. *Proceedings of the 2nd Annual International Workshop on Collaborative Editing Systems*. Philadelphia, Pennsylvania, USA.

- [9] Jo, C.H., Arnold, A.J., 2003. A portable and Collaborative Distributed Programming Environment. *International Conference on Software Engineering*. Las Vegas, Nevada, USA, 198-203.
- [10] Devide, J., Meneely, A., Ho, C-w, Williams, L., and Devetisikiotis, M., 2008. Jazz Sangam: A Real-time Tool for Distributed Pair Programming of a Team Development Platform. *Infrastructure for Research on Collaborative Software Engineering (IRCoSE) workshop at ACM SIGSOFT Foundations of Software Engineering (FSE)*, Atlanta, GA.
- [11] Gallardo, J., Molina, A.I., Bravo, C., Redondo, M.A., Collazos, C., 2011. Empirical and heuristic-based evaluation of collaborate modeling systems: An evaluation framework. *Group Decision and Negotiation* 20 (5).
- [12] Rubin, J., Chisnell, D., 2008. *Handbook of Usability Testing. How to Plan, Design and Conduct Effective Tests*. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [13] Mangan, M.A.S., de Araujo, R.M., Kalinowski, M., Borges, M., Werner, C.M.L., 2002. Towards the evaluation of awareness information support applied to peer reviews of software engineering diagrams. *CSCWD 2002*.
- [14] Convertino, G., Neale, D., Hobby, L., Carrolo, J., Rosson, M. 2004. A laboratory method for studying activity awareness. *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-Computer interaction*, Tampere, Finland (2004), 313-322.
- [15] Röcker, C., Magerkurth, C., 2007. Privacy and Interruptions in Team Awareness Systems. *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity Lecture Notes in Computer Science Volume 4554*, 2007, pp 273-283.
- [16] Antunes, P., Herskovic, V., Ochoa, S.F., Pino, J.A., 2013. Reviewing the quality of awareness support in collaborative applications, *Journal of Systems and Software*, *in press*.
- [17] Pinelle, D., Gutwin, C., 2002. Groupware walkthrough: Adding context to groupware usability evaluation. *In: Proceedings of the 2002 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Minneapolis, Apr. ACM Press, pp. 455-462.
- [18] Steves, M.P., Allen, R.H. 2001. Evaluating Collaborative Enterprises – A Workshop Report. *In: Proceedings of the 10th Int. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*. MIT, Cambridge, USA.
- [19] Ereback, A.L., Hook, K., 1994. Using Cognitive Walkthrough for Evaluating a CSCW Application. *In: Proceedings of ACM CHI '94*, pp. 91-92.
- [20] Baker, K., Greenberg, S., Gutwin, C., 2001. Heuristic evaluation of groupware based on the mechanics of collaboration. *In Proceedings of the 8th IFIP working conference on engineering for human-computer interaction (EHCI'01)*, pp 123-140.
- [21] Hennessey, C., 2012. Framework for colocated synchronous dual eye tracking. *DUET 2012. CSCW'12*, February 11-15, 2012, Seattle, Washington, USA. ACM 978-1-4503-0556-3/12/02.
- [22] Mueller, R., Helmert, J.R., Pannasch, S., Velichkovsky, B.M., 2011. Following closely? The effects of viewing conditions on gaze versus mouse transfer in remote cooperation. *DUET 2011*.
- [23] Lund, K., Baker, M.J., Baron, M., 1996. Modelling Dialogue and Beliefs as a Basis for Generating Guidance in a CSDL Environment, *In: Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, pp. 206-214.
- [24] Herbsleb, J., Grinter, R., 1999. Architectures, coordination, and distance: Conway's law and beyond. *IEEE Software* 16 (5), 63-70.
- [25] Tobii, 2009. Retrospective Think Aloud and Eye Tracking. *Whitepaper by Tobii Technology* <http://www.tobii.com/>.
- [26] Ortega, M., Molina, A.I., Redondo, M.A. et. al., 2009. CHICO (Computer – Human Interaction and Collaboration), UCLM. *IE Comunicaciones (Revista Iberoamericana de Informática Educativa)*, Núm. 15, Enero-Junio 2012, pp 11-17.
- [27] Nielsen, J., Pernice, K., 2009. Eyetracking Methodology. How to Conduct and Evaluate Usability Studies Using Eyetracking. *Nielsen Norman Group 2009*.
- [28] Davis, F. D., 1993. User acceptance of information technology: System characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3), 475-487. 1993.
- [29] Tobii, 2011. Accuracy and precision. Test report, Tobii T60 XL Eyetracker, <http://www.tobii.com/>.
- [30] Gutwin, C., & Greenberg, S., 2002. A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. Computer supported cooperative work (CSCW), Special issue on awareness in CSCW, *The Journal of Collaborative Computing*, 11(3-4), 411-446.
- [31] Bednarik, R., Shipilov, A., 2011. Gaze cursor during distant collaborative programming: A preliminary analysis. *In Proceedings of the DUET 2011: Dual Eye Tracking in CSCW*, 2011.
- [32] Bednarik, R., Shipilov, A., Pietinen, S. 2011. Bidirectional gaze in remote computer mediated collaboration: setup and initial results from pair-programming. *In Proceedings of the ACM 2011 conference on Computer supported cooperative work, CSCW '11*, pages 597-600, New York, NY, USA., ACM.

Marco para la Evaluación de Sistemas m-learning: análisis de la situación y propuesta

Christian Xavier Navarro Cota
Fac. de Ingeniería Arquitectura y
Diseño, Universidad Autónoma de
Baja California. Ensenada, México
+52 (646) 174 4333
cnavarro@uabc.edu.mx

Ana Isabel Molina Díaz
Dep. de Tecnologías y Sistemas de
Información, Universidad de Castilla-
La Mancha. Ciudad Real, España
+34 (926) 295 300
Analsabel.Molina@uclm.es

Miguel Ángel Redondo Duque
Dep. de Tecnologías y Sistemas de
Información, Universidad de Castilla-
La Mancha. Ciudad Real, España
+34 (926) 295 300
Miguel.Redondo@uclm.es

RESUMEN

Este artículo presenta un análisis del estado actual de las investigaciones en el ámbito del aprendizaje móvil (*m-learning*) y la *usabilidad*, aplicando la metodología de *mapeo sistemático* de la literatura. En este estudio se identificaron los principales enfoques que toman las diferentes publicaciones analizadas; así como los dispositivos móviles y sistemas operativos más utilizados. El objetivo de este trabajo ha sido entender las tendencias y las necesidades existentes dentro del campo del diseño y evaluación de sistemas de *m-learning*. Los resultados muestran que la investigación en esta área se ha incrementado significativamente a partir del año 2012, y dado el creciente auge de los dispositivos móviles en la educación, se cree que el número de publicaciones seguirá en aumento en los próximos años. También identificamos una necesidad, al darnos cuenta que no todas las aplicaciones *m-learning* analizadas incluyen pruebas de *usabilidad*, ni se encontraron *guidelines* o *frameworks* para evaluarlas. Teniendo en cuenta los resultados y tendencias identificados, proponemos la creación de un modelo que evalúe las aplicaciones *m-learning* durante las fases de desarrollo, considerando factores pedagógicos, de *usabilidad*, y la experiencia del estudiante, para mejorar la calidad de uso de estas aplicaciones, y mejorar la experiencia del alumno en el aprendizaje móvil.

Categories and Subject Descriptors

K.3 [Computers and Education]: Computer Uses in Education – Distance learning.

C.5 [Computer System Implementation]: Microcomputers – Portable devices.

General Terms

Design, Measurement, Documentation, Human Factors.

Keywords

m-learning, aprendizaje móvil, *usabilidad*, mapeo sistemático.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los dispositivos móviles forman parte de la vida diaria y la cultura de muchas personas. Estos dispositivos están

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

proporcionando un acceso histórico a la comunicación y la información. La *Unión Internacional de Telecomunicaciones* publica en su informe “*The World in 2013: ICT Facts and Figures*” una predicción que afirma que pronto habrá tantas suscripciones a tecnología móvil como número de habitantes en el mundo, con un total de 6,800 millones de suscripciones a la fecha y se proyecta que en este año se superasen los 7,000 millones de usuarios [19].

La facilidad, flexibilidad de uso y la mejora constante de las capacidades de estos dispositivos nos plantea infinidad de nuevas posibilidades para beneficiar a sus usuarios, siendo una de estas áreas la educación. Podemos darnos cuenta de que son herramientas muy útiles, nos acompañan a donde quiera que vayamos, lo cual nos muestra un panorama ideal para cualquier aprendiz. La información está disponible en cualquier momento y contexto. Incluso, la UNESCO ha considerado los dispositivos móviles como una plataforma para facilitar la igualdad de la educación en diferentes países. Por otro lado, y en el ámbito científico, se ha podido apreciar un incremento en los últimos años de publicaciones relacionadas con el uso de estos dispositivos en la educación (*m-learning*).

Sin embargo, los dispositivos móviles presentan un reto debido al reducido tamaño de sus pantallas y a la cantidad de información que se puede presentar a la vez, lo que nos lleva a plantearnos si dichos aspectos, más relacionados con la *usabilidad*, podrían dificultar su uso como soporte para tareas de enseñanza-aprendizaje. Por lo cual, este artículo presenta el estado actual de las investigaciones sobre la *usabilidad* en las aplicaciones *m-learning*. Se identificarán los principales enfoques que han tomado las diferentes publicaciones actuales; los dispositivos móviles y sistemas operativos más utilizados. El objetivo final es entender las tendencias y las necesidades actuales dentro del ámbito del *m-learning* a través de un estudio de mapeo sistemático. Además, se presenta una propuesta para la creación de un modelo que evalúe las aplicaciones *m-learning* durante las fases de desarrollo, considerando factores pedagógicos, de *usabilidad*, y la experiencia del estudiante, para mejorar la calidad de uso de estas aplicaciones.

2. COMPUTACIÓN MÓVIL Y NUEVAS TENDENCIAS EN LA EDUCACIÓN

El informe *NMC Horizon Report* identifica cuáles de las nuevas tecnologías presentan un mayor potencial en el ámbito de la educación [6] Estas tendencias son ya un hecho en algunas de las

instituciones más innovadoras del mundo. Así, a corto plazo, los MOOC (por sus siglas en inglés, *Massively Open Online Courses*) destacan como una de estas nuevas tendencias. Dicho informe indica que los MOOC tendrán una aceptación muy amplia, principalmente en el ámbito de la educación superior. Los MOOC proveen una opción gratuita y de gran calidad en educación. Durante el 2012 han tenido una gran promoción, siendo sus principales exponentes *Coursera*, *edX* y *Udacity*, quienes tienen ya cientos de miles de usuarios registrados. La principal ventaja de los MOOC es que facilitan el aprendizaje continuo y avanzado de forma gratuita, y permite a cualquier alumno o profesional adquirir habilidades, conocimientos o aptitudes para encontrar empleo o desarrollarse efectivamente en su propia empresa [6].

Otra tecnología que tendrá gran aceptación a corto plazo son las *tablets*. Sus principales ventajas son la conectividad, multifuncionalidad y portabilidad, por lo que están demostrando ser un medio útil para impulsar la educación sin importar el tiempo y el espacio; permitiendo el acceso a materiales educativos, y sirviendo como herramienta de apoyo a la gestión docente [4]. Además, cada vez existe un mayor número de compañías dedicadas a la fabricación de *tablets*, lo cual fomenta la competitividad de precios y productos, a la vez que mejora la oferta y la disponibilidad. Este mercado creciente favorece a los estudiantes e instituciones las posibilidades de aprendizaje [6].

El *aprendizaje basado en juegos* es otra tendencia que el *NMC Horizon Report* considera se implantará en los próximos dos o tres años. Ésta es una combinación de técnicas de aprendizaje lúdicas con juegos digitales. Durante la última década se ha estudiado la posibilidad de que los juegos sean herramientas para el desarrollo del conocimiento y el aprendizaje. Y cuanto más atención tiene el tema en el ámbito educativo, más implementaciones se generan para apoyar el aprendizaje [4]. El pronóstico del análisis realizado por *TechNavio* acerca del mercado global del aprendizaje basado en juegos es hacia un crecimiento del 15.6% del periodo del 2012 al 2016 [10]. Y uno de los factores que contribuyen al crecimiento son los *juegos educativos móviles*.

Otra tendencia es la analítica del aprendizaje (*learning analytics*), que tiene que ver con la interpretación de los datos que generan los estudiantes al interactuar con los contextos de aprendizaje. Los estudios recientes muestran que esto nos llevará a crear entornos de aprendizaje personalizados, adaptando las respuestas de los alumnos a lo largo de su enseñanza [6].

2.1 M-learning en la educación

La definición de *m-learning* ha evolucionado en los últimos años, de manera que distintos autores lo han definido de distinta forma. Por ejemplo, Quinn [17] lo define como “un tipo de e-learning a través de dispositivos móviles”. O’Malley [16] lo describe como “el aprendizaje que tiene lugar cuando el estudiante se beneficia de las oportunidades ofrecidas por las tecnologías móviles”. El trabajo de Sharples [18] cambió la forma de pensar acerca de *m-learning*, enfocándolo en el estudiante. Según este autor es el estudiante quien tiene la movilidad y no la tecnología. Los estudiantes eligen la tecnología que esté a su mano mientras se mueven entre contextos, incluyendo teléfonos móviles, sus propias computadoras y las de otros, así como libros y *notepads*. Y en el 2013 Crompton [2] lo definió en los siguientes términos: “el *m-learning* es un aprendizaje en múltiples contextos, a través de interacciones sociales y de contenido, usando dispositivos electrónicos personales”. Esta última definición está más centrada en el estudiante y su proceso de aprendizaje.

Durante el 2012 y el 2013 la UNESCO ha estado publicando una serie de documentos sobre el aprendizaje móvil, para lograr una mayor comprensión de cómo la tecnología móvil, que ahora es más accesible, puede facilitar la igualdad y la eficacia de la educación en diferentes países. Los dispositivos móviles están en continua mejora de sus capacidades y funciones para el usuario, además de la creciente disponibilidad; lo que nos plantea nuevas formas de apoyo al aprendizaje. Diferentes estudios y publicaciones sobre el aprendizaje móvil surgidos en todo el mundo han hecho evidente este potencial y de un modo u otro, muchos de esos proyectos o la mayoría están ayudando a personas a aprender cosas que son importantes para ellas [20].

El *m-learning* se ha estudiado en diversos contextos de la educación, entre las cuales encontramos la educación formal e informal y el aprendizaje continuo. Se conoce de manera generalizada que hay una división significativa entre el aprendizaje formal, que se da en las aulas, y el aprendizaje informal, que acontece en casa o en contextos diversos fuera del aula. El *m-learning* podría ayudar a disminuir la separación entre estos dos tipos de aprendizaje.

Dentro del aprendizaje formal hay dos modelos populares de aprendizaje móvil en las escuelas, uno es de los *programas 1:1* en los que se provee a cada estudiante de un dispositivo, y otro las *iniciativas BYOT (Bring Your Own Technology)*, en la cual la mayoría de los estudiantes tienen sus propios dispositivos y los llevan a la clase [21].

Dentro del aprendizaje informal podemos considerar el llamado *aprendizaje permanente o continuo*, que se traduce en la educación a lo largo de la vida. Éste no cambia con el currículum oficial, sino que avanza con el transcurrir de la vida de la persona dependiendo de su situación profesional y personal. El aprendizaje permanente puede darse en cualquier espacio y sus principales características son la integración e innovación [1].

2.2 La usabilidad en la computación móvil

La *usabilidad móvil* puede considerarse como una especialidad en evolución procedente del campo de la *usabilidad*. Los investigadores del campo de la Interacción Persona-Computador (IPO) han encontrado que, para producir sistemas computacionales con una correcta *usabilidad*, es importante entender los factores psicológicos, ergonómicos, organizacionales y sociales que determinan como la gente trabaja [8].

Jakob Nielsen ha estudiado la *usabilidad* desde 1993. Es el fundador del movimiento “*discount usability engineering*” (“Ingeniería de la usabilidad rebajada”) que destaca el uso de métodos eficaces para mejorar la calidad de las interfaces diseñadas para usuarios y ha aplicado sus métodos también en el área de los dispositivos móviles a través de investigaciones empíricas publicadas en su libro *Usabilidad en dispositivos móviles* [12]. Este autor explica la *usabilidad* en términos de la aceptación general de un sistema, que incluye la aceptación social, así como aspectos prácticos como confiabilidad, costo, compatibilidad y utilidad [14]. En el 2012 define la *usabilidad* como “un atributo de calidad que evalúa lo fácil que resulta usar una interfaz de usuario”. La palabra *usabilidad* también se refiere a los métodos para mejorar la facilidad de uso durante el proceso de diseño [13].

Entre las técnicas más utilizadas para medir la *usabilidad* existen las *evaluaciones heurísticas*, sin embargo no están adaptadas a las características de la computación móvil, ya que no consideran

el contexto de uso y la movilidad por lo cual es necesario adaptar los métodos para que lleguen a ser puntos importantes por evaluar en las pruebas de usabilidad móvil [3].

3. MAPEO SISTEMÁTICO DE LA LITERATURA: USABILIDAD Y M-LEARNING

Considerando los planteamientos hechos en este documento, podemos ver que la *usabilidad* es importante, tanto al hablar de computación móvil, en general, como al hablar de su uso en contextos educativos (*m-learning*). Por lo tanto, parte de este trabajo centra su interés en hacer una investigación de la literatura existente sobre esta temática, utilizando para ello la metodología del *mapeo sistemático*. Esta metodología sirve para identificar, evaluar e interpretar toda la investigación relevante sobre un tema en particular [7], en este caso será sobre el *m-learning* y la *usabilidad móvil*, dando énfasis al uso de dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets*.

Teniendo en cuenta las etapas que propone esta metodología, las actividades que se llevaron a cabo en este trabajo se comentan en las siguientes subsecciones.

3.1 Preguntas de investigación

Dado que nuestro interés se centra en conocer el estado del arte en el área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es el estado de los artículos publicados en el área de *usabilidad móvil* y el *m-learning* en los que se utilicen dispositivos móviles tipo *smartphones* y *tablets*? ¿Ha aumentado la publicación de artículos en este tema?
2. ¿Cuáles son los enfoques de las diferentes publicaciones en el área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*? ¿Qué tipos de dispositivos móviles y sistemas operativos son los más utilizados según dichas publicaciones?

Para responder a estas preguntas se utilizaron las siguientes palabras claves en la búsqueda, descritas en inglés por ser el idioma más utilizado en las publicaciones en esta área: “*mobile learning*”, “*m-learning*”, y “*usability*”. Por lo tanto la cadena de búsqueda fue de la siguiente forma, con algunas variantes dependiendo de la base de datos consultada: (“*mobile learning*” OR “*m-learning*”) AND “*usability*”.

3.2 Identificar las bases de datos apropiadas

Los estudios incluidos en esta investigación surgieron de una indagación de la literatura disponible en las siguientes bases de datos: *IEEE Digital Library*, *Science Direct On Site* (SDOS), *ACM Digital Library*, y *Scopus*. La búsqueda mediante la cadena indicada en la subsección anterior se llevó a cabo en títulos, resúmenes (*abstract*), o palabras claves de los artículos.

3.3 Criterios de inclusión/exclusión

Se incluyeron aquellos trabajos relacionados al área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*, específicamente aquellos que utilizan dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets*, publicados en inglés e incluidos en *journals*, conferencias, o *workshops*. En caso de existir trabajos repetidos en las bases de datos seleccionadas, se consideraron aquellos con fecha de publicación más reciente o el de mejor calidad.

Se excluyó la información de páginas web, presentaciones *Power Point*, trabajos en proceso o cualquier información abstracta, ya que no ha sido revisada y aprobada. También se excluyeron trabajos que utilizaban teléfonos celulares y PDAs (por sus siglas en inglés, *Personal Digital Assistant*) en sus investigaciones.

3.4 Búsqueda y recolección de documentos

Esta actividad se llevó a cabo en dos fases. En la primera se leyeron los títulos y resúmenes de los artículos obtenidos de cada base de datos, y en caso de existir duda sobre la relevancia de un trabajo para la investigación, también se leyó la introducción y/o conclusiones para establecer si éste era incluido o excluido de la investigación. Al final de esta etapa se obtuvo una lista con los documentos relevantes para la extracción de datos. En la segunda fase se recolectaron y revisaron los artículos completos de la lista anterior para extraer información específica, y resolver las preguntas de este trabajo de investigación.

3.5 Resultados

La primera etapa de búsqueda arrojó un total de 1085 publicaciones (Figura 1). Después de considerar los criterios de inclusión/exclusión, y llevar a cabo las dos etapas de *búsqueda y recolección de documentos* resultaron 68 documentos relevantes (Figura 2).

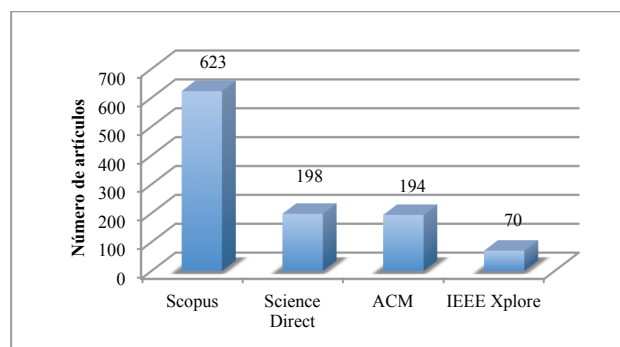


Figura 1. Total de artículos localizados en la búsqueda inicial

3.5.1 Pregunta de investigación 1

La figura 3 nos muestra el número de artículos resultantes publicados desde el 2006 al 2013. Se puede ver que la investigación en esta área se ha incrementado significativamente desde el 2010, y para el 2012 esta cifra se había duplicado. Esta búsqueda se realizó en el mes de mayo del 2013, y considerando el auge de los dispositivos móviles en la educación, se cree que las publicaciones con respecto a este tema seguirán en aumento en los próximos años.

3.5.2. Pregunta de investigación 2

Los 68 artículos relevantes muestran diferentes enfoques de acuerdo con el propósito de su investigación, que hemos clasificado para una mejor interpretación: (1) aplicaciones *m-learning*, (2) *guidelines/frameworks*, (3) aspectos específicos del *m-learning*, (4) análisis y tendencias del *m-learning* (Figura 4).

3.5.2.1 Aplicaciones m-learning

En los 30 artículos que describían aplicaciones *m-learning* se utilizaron diferentes tipos de dispositivos (Figura 5). De las

aplicaciones descritas el 73% han resultado ser aplicaciones nativas, que residen y se ejecutan en el dispositivo móvil, y el 27% eran basadas en web.

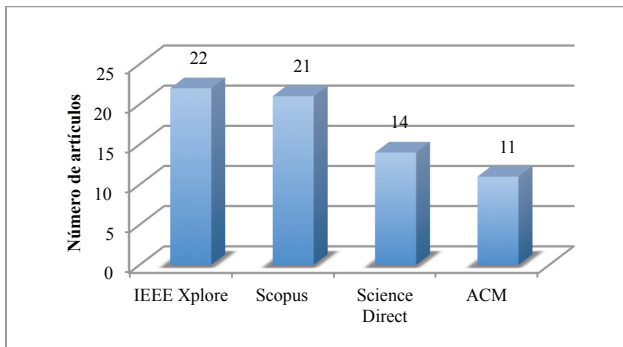


Figura 2. Número de artículos relevantes extraídos de cada base de datos

La figura 6 muestra la clasificación de estas aplicaciones con respecto al nivel académico de los alumnos al que van dirigidas. Además se pudo comprobar que, de todas ellas, el 40% estaban basadas en juegos.

Solo del 57% de las aplicaciones descritas en las publicaciones analizadas se realizaron pruebas de *usabilidad*, estando el 35% de ellas basadas en evaluaciones heurísticas o revisión por expertos.

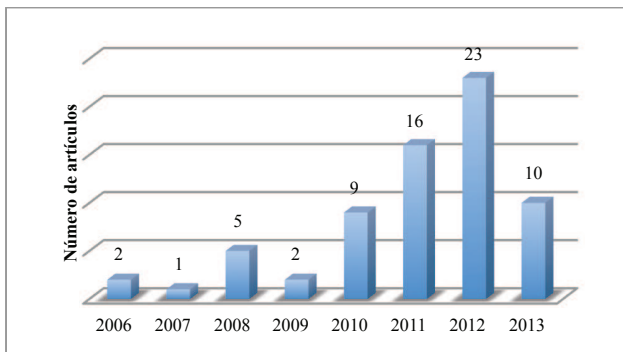


Figura 3. Artículos localizados por año de publicación

3.5.2.2 Guidelines y Frameworks

De acuerdo a la Figura 4, existen 25 artículos sobre *guidelines* y *frameworks* en el área del *m-learning* o la *usabilidad móvil*, de los cuales 16 son *frameworks* de desarrollo y 9 para la evaluación de este tipo de sistemas.

De los *guidelines* y *frameworks* de desarrollo, podemos observar que éstos están orientados al desarrollo de: (1) Aplicaciones *m-learning*, (2) Ambientes *m-learning*, (3) Sistemas para la Gestión del Aprendizaje Móvil (por sus siglas en inglés, MLMS), (4) Contenidos para *m-learning*, (5) Contenidos para dispositivos móviles, (6) Ambientes móviles (Figura 7, clasificación 3).

Entre los *guidelines* y *frameworks* de evaluación, podemos observar que éstos están orientados a la evaluación de: (1) Aplicaciones móviles, (2) Aplicaciones *m-learning*, (3) Aplicaciones comerciales de *m-learning*, (4) Usabilidad del contenido, (5) Dispositivos para *m-learning*, (6) Ambientes móviles (Figura 7, clasificación 3).

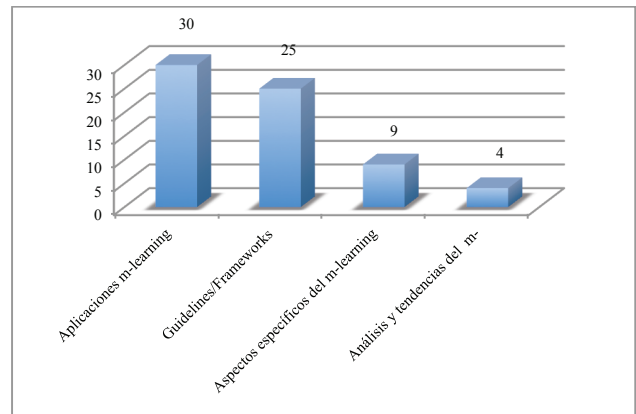


Figura 4. Enfoques de acuerdo a los propósitos de investigación

3.5.2.3 Aspectos específicos del m-learning

De los 9 artículos con enfoque en aspectos específicos del *m-learning* (Figura 4), todos tratan temas diferentes, por ejemplo: los factores que provocan que los alumnos utilicen *smartphones* en ambientes educativos, como personalizar las aplicaciones *m-learning*, o propuestas de diseño de interfaces educativas.

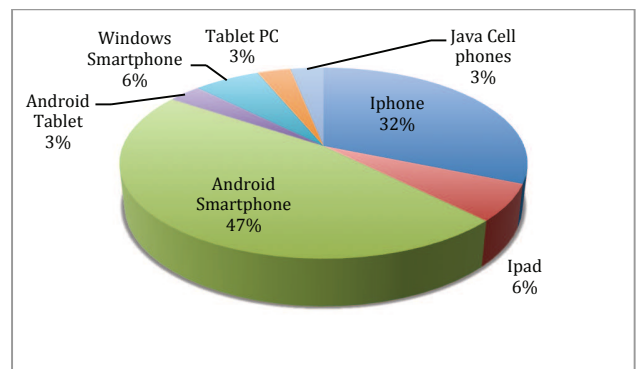


Figura 5. Tipos de dispositivos móviles en el *m-learning*

3.5.2.4 Análisis y tendencias del m-learning

Entre los 4 artículos que se centran en el análisis y tendencias del *m-learning* (Figura 4), tenemos dos revisiones sistemáticas, un estudio sobre el uso del *IPad* en la educación, y otro que compara las arquitecturas de soporte para ambientes *m-learning*.

3.6 Análisis y discusiones

Para dar un panorama completo sobre la clasificación de artículos durante esta investigación, presentamos un esquema que representa las diferentes categorías de los trabajos analizados, hasta llegar a concluir que no existen *guidelines*, *frameworks*, o herramientas que evalúen los factores pedagógicos y la *usabilidad* de las aplicaciones *m-learning* (Figura 7).

Debido a los intereses de esta investigación, los artículos que se tomaron en cuenta en el siguiente análisis son los que consideran la *usabilidad* en sus *guidelines* y *frameworks* para desarrollar o evaluar ambientes *m-learning*.

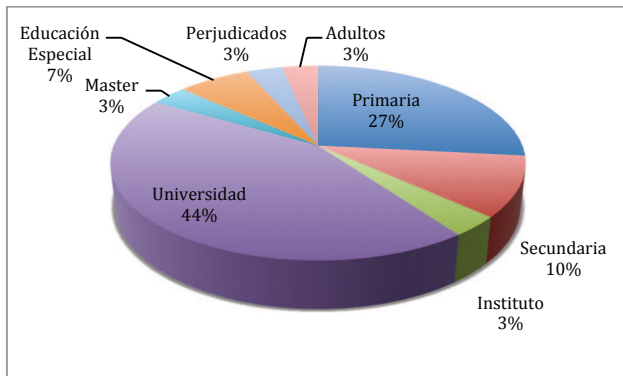


Figura 6. Aplicaciones *m-learning* por nivel académico

Existen 12 proyectos sobre *guidelines* y *frameworks* de desarrollo que consideran la *usabilidad*, y que están orientados al desarrollo de: (1) Ambientes *m-learning*, (2) Aplicaciones *m-learning*, (3) Sistemas para la Gestión del Aprendizaje Móvil (por sus siglas en inglés, MLMS), (4) Contenidos para *m-learning* (Figura 7, clasificación 4).

Con respecto a *guidelines* y *frameworks* de evaluación que consideran la *usabilidad*, solo encontramos un artículo donde desarrollan un *framework* para evaluar dispositivos móviles (*handhelds*) en relación con el *m-learning*. El autor después de identificar las fortalezas y debilidades de estos dispositivos, hace sugerencias de las especificaciones técnicas que considera apropiadas para el *m-learning*.

Ante la necesidad de una herramienta de evaluación para las aplicaciones *m-learning*, en la siguiente sección se propone un modelo para desarrollar y evaluar las aplicaciones *m-learning*, considerando la *usabilidad*, aspectos pedagógicos, y la experiencia del estudiante (Figura 8).

4. PROPUESTA DEL MODELO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE M-LEARNING

El modelo propuesto se basa en la metodología desarrollada por Granollers [5], ya que incorpora a los usuarios a lo largo de las fases de desarrollo de software, de cara a que se consideren sus intereses, necesidades y limitaciones, siendo la generación de *prototipos* y la *evaluación* dos fases clave que se aplican hasta cumplir las expectativas de los usuarios. A continuación explicamos cada una de las fases que componen nuestro modelo.

4.1 Análisis de requisitos

Esta fase es muy importante porque de ella depende elaborar un buen diseño, e influirá directamente en la disminución del número de interacciones durante el proceso de desarrollo. En esta etapa es necesario *analizar a los estudiantes* que harán uso del sistema, los *objetivos educativos*, el *contexto de uso*, y los *recursos tecnológicos* necesarios.

Análisis de los estudiantes

Debemos considerar las características de los alumnos como son su edad, nivel educativo, conocimientos previos, intereses, genero, nacionalidad, factores socioculturales, necesidades especiales o discapacidades, y el grado de familiaridad con la tecnología.

Conocer todas estas características es importante ya que influyen en el diseño de las aplicaciones [11].



Figura 7. Secuencia de clasificación de los artículos considerados en este estudio

Análisis de Objetivos educativos

Se determinan los *objetivos educativos*, las habilidades que los alumnos dominaran o fortalecerán después de hacer uso del sistema, y se define la *estrategia didáctica*, incluyendo las actividades de los estudiantes, elementos motivadores, funciones del sistema, y el aprendizaje social. Todos estos aspectos considerados a detalle determinaran la *calidad didáctica*, en la medida en que logren los objetivos buscados [11].

Análisis del contexto de uso

El contexto de uso se refiere al *contexto físico* en el cual tiene lugar el aprendizaje, por ejemplo, dentro de un salón de clase, en una institución, en el campo, o en cualquier otro lugar. Es importante considerar estos aspectos, ya que tienen implicaciones en el diseño.

Análisis de Recursos Tecnológicos

Después de analizar a los usuarios, los objetivos educativos y el contexto de uso, es necesario determinar el *dispositivo móvil* más adecuado, la *plataforma* de ejecución, y otros recursos necesarios (bases de datos, servidores, conexión a Internet, entre otros). Por ejemplo, en algunos casos será más conveniente el uso de *tablets* y en otros *smarthphones*, dependiendo la disponibilidad entre los estudiantes, la edad, la familiaridad con las tecnologías y las actividades educativas.

4.2 Diseño de escenarios

El objetivo de esta etapa es diseñar *escenarios* que describan como los estudiantes con ciertas características, en un ambiente específico, llevan a cabo actividades para lograr sus objetivos de aprendizaje. Esto le da a los estudiantes, diseñadores y desarrolladores una visión general sobre *quién, cómo, y dónde* se

utilizará el sistema. La etapa de *evaluación de los escenarios* busca ver si las actividades propuestas satisfacen al estudiante.

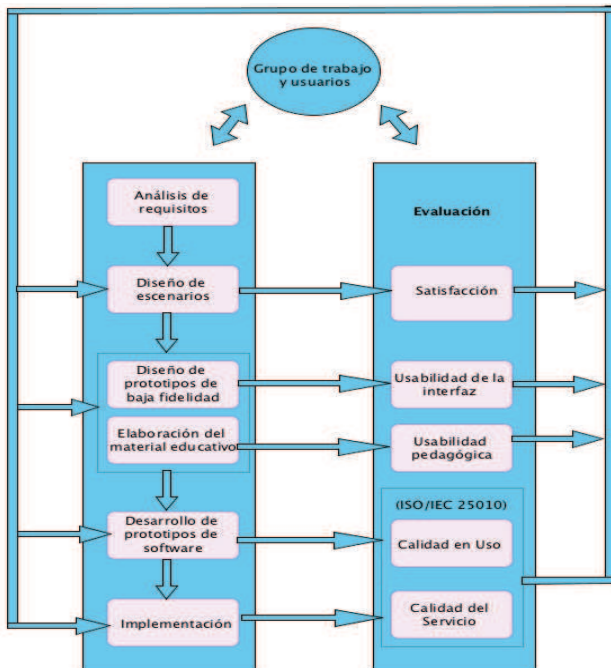


Figura 8. Propuesta de modelo de evaluación de sistemas m-learning

4.3 Diseño de prototipos de baja fidelidad

La etapa de *diseño de prototipos de baja fidelidad* y la de *elaboración de material educativo* (que se describe en la siguiente subsección) pueden llevarse a cabo de forma paralela.

Entre los diferentes *prototipos de baja fidelidad*, proponemos el uso de los *prototipos de papel* porque éstos incluyen dos aspectos muy importantes: uno es la *presentación*, que hace referencia a qué elementos se utilizan en la interfaz para soportar la interacción; y el otro es la *navegación*, que facilita la movilidad durante la fase de evaluación del prototipo.

Por lo tanto, se le pide a los estudiantes que realicen una tarea haciendo uso de prototipos para observar su interacción, con el objetivo de descubrir si logran completarla de forma intuitiva, o para identificar posibles errores de *usabilidad* en la interfaz de usuario presentada.

Durante la fase de evaluación de los prototipos recomendamos utilizar la técnica *Thinking Aloud* (pensando en voz alta) descrita por Nielsen, en la cual se les pide a los alumnos que expresen en voz alta sus sentimientos, pensamientos y opiniones, mientras que interactúan con el prototipo.

4.4 Elaboración de material educativo

La forma de *presentación del material educativo* en los dispositivos móviles es un factor determinante en la eficacia del aprendizaje. Por lo tanto, es necesario que se presente en pequeñas unidades de información, de fácil lectura y adaptadas a la audiencia prevista. Las aplicaciones móviles no serán efectivas si se espera que el alumno lea grandes cantidades de información en una pantalla pequeña. Los recursos multimedia educativos son

convenientemente en los ambientes *m-learning* (*simulaciones, animaciones, videos*, entre otros), pero es necesario considerar el tamaño de los archivos, su duración, su calidad de imagen o audio, de cara a satisfacer a los estudiantes.

Durante la elaboración de material educativo se deberán tomar en cuenta los *requerimientos pedagógicos*: las teorías del aprendizaje (constructivismo, conductismo, aprendizaje social), modelos de diseño instruccional, y la calidad del contenido que deberá ser válido, confiable y preciso.

Queremos enfatizar que para mantener la motivación es importante que los estudiantes reciban un contenido que tenga beneficios a largo plazo [9]. Una forma de lograr esto es cuando el tema ofrecido apoye los objetivos de carrera, la promoción de empleo, o que tenga beneficios para el futuro de la vida diaria del estudiante.

En la evaluación de esta fase recomendamos aplicar *cuestionarios* para verificar que se cumplen los criterios de *usabilidad pedagógica* no relacionados con la funcionalidad descritos por Nokelainen [15].

4.5 Desarrollo de prototipos de software

Los *prototipos de software* son implementaciones del sistema propuesto, en los que se reproduce la interfaz simulando o implementando las funcionalidades o parte de ellas con el objetivo de probar determinados aspectos del sistema final.

Existen otras funcionalidades relacionadas con aspectos pedagógicos que deben considerarse al desarrollar software educativo, y que generalmente no se contemplan en los objetivos iniciales. Estas características son el *feedback* (retroalimentación), la *flexibilidad* y los *mecanismos de comunicación*.

El *feedback pedagógico* hace referencia a la retroalimentación que recibe el alumno al interactuar con el sistema, tanto si sus respuestas son correctas como si no; el sistema puede notificar si el alumno logró la meta, si hay otra forma de seguir practicando el tema, o le puede animar a estudiar otros recursos relacionados cuando el estudiante no domina aún las tareas. El *feedback* también muestra el progreso que se ha logrado, y las tareas que faltan por cumplir para completar las metas de estudio.

La *flexibilidad* se da cuando el sistema ofrece rutas opcionales según el progreso del estudiante, o no permite que se avance a otro tema hasta comprobar que se domina el previo. También puede proporcionar distintas opciones para seguir practicando una misma tarea, aunque con diferentes ejercicios. Por último, esta capacidad permite regresar y revisar el material estudiado anteriormente.

Los *mecanismos de comunicación* permitirán interactuar con los docentes, otros estudiantes, o la familia (mediante envío de mensajes, correos, o chats, entre otros).

Una vez que tenemos los prototipos creados recomendamos, primero, realizar una *evaluación heurística de la usabilidad*. Posteriormente se propone utilizar el *modelo de calidad en uso (ISO/IEC: 25010:2011)* para evaluar la efectividad, la eficiencia y satisfacción. Esto se logrará a través de *pruebas de campo* que consisten en que los estudiantes utilicen la aplicación durante el transcurso de dos o tres semanas y la incorporen a sus rutinas diarias. Hacer la evaluación en el contexto habitual del alumno mejora la calidad de los resultados de la evaluación, ya que existen muchas variables que afectan a la experiencia móvil. Por el contrario, cuando hacemos pruebas en el laboratorio, no

obtenemos todos los resultados que sucederían en situaciones reales.

Cuando les pidamos a los participantes en la evaluación que usen la aplicación, les indicaremos que lo hagan solo lo suficiente para evaluarla, no les indicaremos que la usen cierto número de veces, o en ciertas ocasiones. Les diremos que la usen como si no estuvieran en un estudio. Parte del objetivo es descubrir en qué situaciones y con qué frecuencias utilizan el prototipo.

Las técnicas que recomendamos incluir en las pruebas de campo son:

- *Logging* (grabación del uso). Esta técnica consiste en grabar o recoger todas las actividades que hace el estudiante con el sistema para su posterior análisis. Para lograr esto es necesario una aplicación secundaria que haga esta función de forma automática, y que sea desapercibida por el estudiante.

- *Grabación de voz*. Consiste en pedir a los alumnos que hagan un registro de voz cada vez que interactúan con el sistema para registrar sus experiencias.

- *Entrevistas*. Al finalizar el estudio de campo entrevistamos a los alumnos respecto a su experiencia con el sistema, para extraer información sobre las preferencias del estudiante, impresiones y actitudes. Esto puede ayudar a encontrar problemas no previstos en el diseño. Durante la entrevista también se pueden hacer preguntas relacionadas con los análisis de los datos obtenidos del *logging* y las *grabaciones de voz*.

- *Cuestionarios*: Finalmente recomendamos aplicar cuestionarios a los alumnos para verificar que se cumplen los criterios de *usabilidad pedagógica* relacionados con la funcionalidad descritos por Nokelainen [15].

4.6 Implementación

Cuando se llega a esta fase ya se ha determinado el lenguaje de programación a utilizar para la implementación de la aplicación real, las bases de datos correspondientes y, en general, toda la tecnología necesaria. Por lo tanto, se inicia la etapa de codificación, que corresponde al proceso de escribir el código necesario que hará posible que el sistema final cumpla con las características correspondientes a los *prototipos de software*.

En la etapa de evaluación de esta fase proponemos considerar el modelo de calidad *ISO 25010:2011* para verificar si el producto de software satisface tanto las necesidades explícitas como las implícitas cuando es usado bajo condiciones específicas, destacando las siguientes características: compatibilidad, confiabilidad, seguridad, mantenibilidad, portabilidad y accesibilidad.

Al terminar las pruebas de esta fase se pone a disposición de los estudiantes la aplicación final. Es importante ofrecer medios para continuar recibiendo retroalimentación acerca de las experiencias de uso o sugerencias, y así tener una *mejora continua* de la calidad de la aplicación.

5. CONCLUSIONES

El *m-learning* es un concepto en evolución entre los estudiosos del área. Su definición ha sufrido algunos cambios, hasta llegar a las más recientes, más centradas en el estudiante y su proceso de aprendizaje. El *m-learning* además forma parte de las nuevas tendencias en educación, junto con otras tecnologías que han generado amplia aceptación a pesar de ser tan recientes como los

MOOC, las *tablets*, el aprendizaje basado en juegos, y el *learning analytics*. De hecho todas éstas interactúan ya con los dispositivos móviles o se piensa que lo harán muy pronto.

Por lo tanto, la *usabilidad* se convierte en un tema importante a considerar cuando hablamos del *m-learning*, debido a las limitaciones impuestas por los dispositivos móviles.

El análisis del estado del arte realizado nos ha permitido tener una visión general sobre el *m-learning*, su inclusión en la educación y sus tendencias. Los resultados del mapeo sistemático de la literatura nos muestran que la investigación en el área del *m-learning* se ha incrementado significativamente desde el 2012, y debido al auge de los dispositivos móviles en la educación, se cree que las publicaciones con respecto a este tema seguirán en aumento en los próximos años. También observamos que sólo el 57% de las aplicaciones analizadas realizaron pruebas de *usabilidad*, y sólo el 35% están basadas en evaluaciones heurísticas o revisión por expertos. Al realizar este estudio también se encontró que no existían *guidelines* o *frameworks* de evaluación de este tipo de sistemas.

En base a estos resultados proponemos un modelo que evalúe las aplicaciones *m-learning* durante las distintas fases de desarrollo, considerando factores tanto pedagógicos, de *usabilidad*, así como la experiencia del estudiante, para mejorar la calidad de uso de las aplicaciones, y mejorar la experiencia del alumno en los entornos *m-learning*. Sabemos que las aplicaciones *m-learning* son a día de hoy opciones disponibles para favorecer el aprendizaje de los estudiantes, por lo tanto nuestro modelo permitirá evaluar la calidad de estas aplicaciones para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

6. REFERENCIAS

- [1] Cantillo, C., Redonde, M., y Sánchez, A. *Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación*. La Educ@ción Digital Magazine, 147. 2012.
- [2] Crompton, H. *A Historical Overview of m-learning: Toward Learner-Centered Education*. Handbook of In Mobile Learning, edited by Zane L Berge and Lin Y. Muilenburg, 2013.
- [3] Cuadrat, C. *Estudio sobre evaluación de la usabilidad móvil y propuesta de un método para tests de usabilidad cuantitativos basado en técnicas de eyetracking*, 2012.
- [4] Durall, E., Gros, B., Maina, M., Johnson, L. & Adams, S. *Perspectivas tecnológicas: educación superior en Iberoamérica 2012-2017*. Edited by Austin, The New Media Consortium, 2012.
- [5] Granollers, T. *User Centred Design Process Model. Integration of Usability Engineering and Software Engineering*. INTERACT 2003 (Doctoral Consortium), Zurich (Switzerland).
- [6] Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. *NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [7] Kitchenham, B. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE Technical Report EBSE-2007-01, 2007.
- [8] Kukulska-Hulme, A. *Mobile usability in educational contexts: what have we learnt?*. The International Review of Research in Open and Distance Learning, A refereed e-

- journal to advanced research, theory, and practice in open and distance learning worldwide, Vol. 8 No. 2, 2007.
- [9] Liu, Y., Li, H., & Carlsson, C. *Factors driving the adoption of m-learning: An empirical study*. *Computers & Education*, 55(3), 1211-1219. 2010
- [10] Marketresearchreports.Biz. *Global Game-Based Learning Market 2012-2017*. StudyMode.com. Retrieved 03, 2013.
- [11] Marquès P. *Metodología para la elaboración de software educativo en Software Educativo*. Guía de uso y metodología de diseño. Editorial Estel. Barcelona, 1995.
- [12] Nielsen, J., Budiu R. *Usabilidad en dispositivos móviles*. Editorial ANAYA Multimedia. 2013.
- [13] Nielsen, J. *Usability 101: Introduction to Usability*. Online article (2012, January).
- [14] Nielsen, J. *Usability Engineering*. Boston: AP Professional, c1993, 1993, Vol. 1.
- [15] Nokelainen, Petri. *An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students*. *Journal of Educational Technology & Society* 9.2, 2006.
- [16] O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J. P., Taylor, J., Sharples, M., Lefrere, P., Lonsdale, P., Naismith, L. & Waycott, J. *Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment*. MOBIlearn [UoN, UoB, OUF] WP4, march 2005.
- [17] Quinn C. *mLearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning*. LiNE Zine. Fall 2000.
- [18] Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. *Towards a Theory of Mobile Learning*. *Proceedings of mLearn*, Vol. 1, No. 1, p. 1-9. 2005.
- [19] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). *The World in 2013: ICT Facts and Figures*.
- [20] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *The Future of mobile Learning: Implications for Policy Markers and Planners*. 2013.
- [21] *University Embraces Bring-Your-Own-Device with Wireless Network*. Costumer case study. USA, 2012.

Estrategias de colaboración en interfaces multitáctiles para incentivar la interacción social entre jóvenes con autismo

Greis F. Mireya Silva

Departamento de Informática,
Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, Brasil
{gcalpa, abraposo}@inf.puc-rio.br

Alberto Raposo

Maryse Suplino
Instituto Ann Sullivan
Rua Bolivia, 51, Engenho Novo,
Rio de Janeiro, Brasil
contato.ias@gmail.com

RESUMEN

Aplicaciones colaborativas en interfaces multitáctiles destinadas a personas con autismo, han mostrado resultados satisfactorios sobre su contribución en la mejora de destrezas sociales y comunicativas de estas personas. Sin embargo, estas aplicaciones son desarrolladas para personas con autismo leve, y no específicamente para personas con autismo de mayor comprometimiento. En este trabajo se propone un conjunto de estrategias de colaboración, mediante una aplicación colaborativa multitáctil que incentive la interacción social entre personas con autismo de alto comprometimiento en ese aspecto. Dichas estrategias fueron incluidas en un juego colaborativo de mesa multitáctil, y fueron evaluadas con un grupo de jóvenes con autismo con alta dificultad para interactuar con otros. Los resultados indican que las estrategias propuestas y el juego multitáctil, incentivaron a los jóvenes a realizar diferentes expresiones verbales y gestuales de interacción social para cooperar con sus compañeros. Estas estrategias podrían ser usadas en el desarrollo de otras aplicaciones colaborativas para personas con autismo.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [Computers and Society]: Social Issues - *Assistive technologies for persons with disabilities.*

General Terms

Design, Human Factors, Experimentation.

Palabras clave

Autismo, estrategias de colaboración, interfaces multitáctiles, juegos colaborativos.

1. INTRODUCCIÓN

El autismo se caracteriza principalmente por presentar déficits en el desarrollo del lenguaje, la comunicación e interacción social y, comportamientos repetitivos y estereotipados [1, 19].

El grado de severidad de autismo varía de acuerdo al grado de comprometimiento de las áreas afectadas, ese comprometimiento puede ser diferente en cada área y para cada persona. Un autismo leve es conocido como Autismo de Alto Funcionamiento (AAF) o Síndrome de Asperger (SA) [3]. Las personas con AAF/SA presentan menor dificultad para interactuar, desarrollan el lenguaje en edad normal, no presentan deficiencia intelectual ni retardo en las habilidades de cuidado personal [12]. Un autismo más severo es conocido como autismo infantil o apenas como autismo [17]. Las personas con este diagnóstico presentan alto comprometimiento en algunas o varias áreas; pueden presentar ausencia total del lenguaje; alta indiferencia en la interacción social, con preferencia a permanecer aislados; y hasta algún tipo de deficiencia intelectual [20]. En este trabajo usaremos el término “autismo” para referirnos únicamente a las personas con autismo de alto comprometimiento.

La dificultad en la interacción social es uno de los problemas más significativos de las personas con autismo, ya que también envuelve otros problemas que están presentes desde su primera infancia, tales como dificultad en la adquisición del lenguaje; dificultad para reconocer y realizar gestos; y dificultad para anticiparse a las acciones de otros e interpretar lo que otra persona pueda estar pensando o sintiendo en diferentes situaciones. Estos problemas afectan su capacidad para dar sentido al mundo que los rodea, limitándolos en su funcionamiento cotidiano [1, 2].

Generalmente, las personas con autismo no participan de actividades colaborativas, muestran poco interés, simpatía o empatía por los demás. A medida que crecen, pueden desarrollar una mayor conexión con los demás, pero sus relaciones sociales suelen permanecer inmaduras [17]. Por ello, necesitan recibir constantemente terapias estimuladoras que les ayude a fortalecer sus habilidades de comunicación e interacción social.

En los últimos años, diferentes aplicaciones computacionales han sido desarrolladas para contribuir en el estímulo de esas habilidades en las personas con autismo [5,11,14]. Entre éstas, se destacan las aplicaciones colaborativas de interfaces multitáctiles, debido a sus grandes ventajas multiusuario que les permite a los usuarios interactuar entre ellos, expresarse e identificar las emociones y acciones de sus compañeros [10], estimulando así su comportamiento social y colaborativo [5,7]. Estas aplicaciones poseen también grandes ventajas con relación a las aplicaciones de escritorio, ya que permite la interacción de varios usuarios, compartir un mismo espacio e interactuar sin requerir ningún dispositivo de entrada [18].

El estímulo de las habilidades sociales puede conseguirse a través de aplicaciones computacionales colaborativas, porque éstas requieren de la participación de dos o más usuarios, y de su cooperación para conseguir algún objetivo. Algunas aplicaciones colaborativas multitáctiles usan diferentes estrategias que restringen la interacción sobre determinados elementos en la interfaz, para forzar la cooperación entre los usuarios [4,8,9,16,22]. Estudios sobre estas aplicaciones, muestran importantes resultados relacionados con el interés encontrado en los usuarios frente a la tecnología multitáctil, y en la interacción con sus compañeros mientras buscan conseguir el objetivo propuesto. Sin embargo, estos estudios fueron evaluados únicamente con usuarios con AAF/SA, por lo tanto, no es posible afirmar que sea factible conseguir esos mismos resultados en usuarios con autismo con mayor grado de severidad, dada la dificultad que ellos tendrían en la comprensión y uso de determinadas estrategias de colaboración existentes.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, proponer estrategias de colaboración para incluir en aplicaciones colaborativas multitáctiles que incentiven la interacción social entre personas con autismo con alto grado de severidad en ese aspecto. Para tal fin, se desarrollaron paralelamente los siguientes pasos: a) Se seleccionó un grupo de jóvenes con autismo con alto grado de severidad en la interacción social, para identificar sus requisitos específicos. b) Se mantuvo contacto constante con especialistas en autismo (terapeutas del grupo de jóvenes seleccionado), para acatar sus recomendaciones para el desarrollo de aplicaciones computacionales desde su visión terapéutica. c) Se estudiaron las estrategias y características de interacción usadas en trabajos previos evaluados con personas con AAF. Se seleccionaron algunas de esas estrategias que sirvieron como base para el desarrollo de las estrategias propuestas en este trabajo.

Posteriormente, y siguiendo recomendaciones de los especialistas en autismo, se diseñó un conjunto de cuatro estrategias colaborativas. Tres de ellas restringen gradualmente la interacción sobre los elementos de una aplicación multitáctil, con el fin de motivar poco a poco la colaboración e interacción social entre los usuarios. Una cuarta estrategia no posee ningún tipo de restricción, con la intención de dar espacio para que los usuarios realicen libremente un trabajo colaborativo después de haberlos inducido a la colaboración con las anteriores estrategias restrictivas. Finalmente, se desarrolló un juego colaborativo multitáctil llamado PAR, en el cual se aplicaron las estrategias de colaboración para ser evaluadas con el grupo de usuarios seleccionado.

Este trabajo es organizado de la siguiente forma: En la sección 2, se presentan los estudios sobre aplicaciones colaborativas multitáctiles destinadas a personas con AAF. En la sección 3, se detalla el proceso de diseño de las estrategias de colaboración y su uso en un juego colaborativo multitáctil. Posteriormente, en la sección 4, se muestra el proceso de evaluación con el grupo de jóvenes con autismo seleccionado y, finalmente, en la sección 5 son presentadas las conclusiones.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen diversas aplicaciones colaborativas en interfaces multitáctiles desarrolladas para contribuir en las dificultades de personas con autismo. Se destacan en este trabajo aquellas que incluyen estrategias para motivar/forzar actividades cooperativas y de interacción social entre los usuarios, las cuales fueron evaluadas con personas con AAF/Síndrome de Asperger. Las aplicaciones colaborativas destacadas sirvieron como base para el

desarrollo de las estrategias de colaboración propuestas en este trabajo, destinadas a personas con autismo de mayor severidad en su interacción social.

La aplicación *Joint-In Suite* [9] incluye un conjunto de juegos que ejemplifican situaciones sociales problemáticas donde es necesario la participación de dos usuarios para resolverlas, p.e. dos personas deben salvar un extraterrestre mediante la recolección de estrellas, para ello una persona envía las estrellas y la otra las recibe. Cada juego explora una estrategia diferente, de un conjunto de estrategias que los autores llamaron de *Collaboration Patterns*, con el objetivo de forzar la colaboración entre usuarios con AAF mediante restricciones sobre los elementos del juego. Entre ellos están: *Choosing Together*, que consiste en la selección de un elemento en la interfaz por dos o más usuarios; *Constraints on Objects*, el cual exige que los elementos en la interfaz sean manipulados únicamente por la interacción conjunta de dos o más usuarios; *Different Role*, el cual asigna roles a cada usuario para su interacción sobre los elementos en la interfaz y, *Ownership*, en el cual, algunos elementos son propiedad de determinados usuarios, y únicamente ellos pueden manipularlos. Los autores concluyen que los usuarios aprenden y entienden la importancia de la colaboración a medida que avanzan en el juego [9].

Por otro lado, se encuentran dos aplicaciones que usan el paradigma *Enforced Collaboration* [4,8] que es similar a la estrategia *Constraints on Objects* de *Joint-In Suite*, donde es necesaria la interacción simultánea de dos o más usuarios sobre los elementos en la interfaz. Estas aplicaciones son el *Collaborative Puzzle Game* [4] y *StoryTable* [8], el primero consiste en armar un rompecabezas, donde el movimiento de las fichas debe realizarse simultáneamente por dos usuarios y, el segundo consiste en construir una historia común entre dos usuarios [8]. *Collaborative Puzzle Game* fue evaluado comparativamente con usuarios con y sin autismo. Los usuarios con autismo necesitaron mayor ayuda de los terapeutas para involucrarse en el juego y para realizar acciones de negociación y coordinación. *Story Table* [8] fue evaluado con usuarios con AAF, contribuyendo potencialmente en su comportamiento social y hasta en habilidades del lenguaje.

SIDES [16] es un juego colaborativo que requiere de cambios de turno forzados entre cuatro usuarios. La estrategia colaborativa usada en *SIDES* consiste en la interacción sobre los elementos en el juego según el turno que le corresponda a cada usuario alrededor de la mesa multitáctil. *SIDES* fue evaluado con personas con AAF, y los autores sugieren que juegos sobre interfaces multitáctiles motiva a los usuarios mientras van aprendiendo a trabajar en grupo.

3. ESTRATEGIAS DE COLABORACIÓN

En esta sección, se presenta el proceso de diseño de las estrategias de colaboración propuestas, las cuales fueron desarrolladas de acuerdo a características específicas de un grupo de jóvenes con alto grado de severidad en la interacción social, y recomendaciones de especialistas responsables por su terapia. Así como también, basadas en estrategias usadas en aplicaciones colaborativas para personas con AAF, descritas en la sección 2.

3.1 Usuarios

Fueron seleccionados cinco jóvenes con autismo con edades entre 10 y 17 años (3 hombres y 2 mujeres). Ellos fueron escogidos por su alto nivel de dificultad para interactuar con los demás y para involucrarse en actividades colaborativas. Según lo informado por

los terapeutas, estos jóvenes muestran gran interés por los juegos deportivos, principalmente el fútbol; ellos disfrutan con la tecnología y son atraídos por herramientas innovadoras; requieren de actividades interesantes y fáciles de comprender. Las principales dificultades de estos jóvenes se encuentran detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Dificultades específicas de los usuarios seleccionados.

Usuario	Edad	Dificultades
A	17	A puede hablar pero tiene dificultades para comunicarse, le es difícil tener iniciativa para interactuar con los demás y permanecer en actividades grupales. Su diagnóstico incluye también deficiencia intelectual.
B	16	B puede pronunciar únicamente algunas sílabas; se le dificulta tener iniciativa para interactuar con los demás, no mantiene contacto visual ni se interesa por actividades en grupo.
C	15	C realiza únicamente algunos sonidos para comunicarse. C tiene problemas de comportamientos agresivos cuando no consigue lo que desea.
D	14	D tiene dificultades para compartir con otros y se le dificulta entender las actividades. En talleres en grupo, D no observa a los otros, ni se interesa en ellos. Es diagnosticado también con deficiencia intelectual y no es verbal.
E	10	E vocaliza algunas palabras, puede mantener contacto visual, pero tiene dificultades para establecer comunicación con otros, y respetar las reglas en actividades en grupo.

3.2 Recomendaciones de especialistas en autismo

Los especialistas responsables de la terapia de los jóvenes seleccionados, estuvieron al tanto del proceso de colecta de requisitos y contribuyeron, entre otras, con recomendaciones desde su perspectiva terapéutica, que ayudaron en el diseño de las estrategias y el juego colaborativo multitáctil.

Los especialistas indicaron que, la mayor parte de aplicaciones computacionales existentes son desarrolladas, al parecer, considerando únicamente aspectos generales teóricos de las personas con autismo, por lo tanto, recomiendan que es necesario considerar además aspectos específicos de estas personas, pues esto permitiría desarrollar aplicaciones más apropiadas y eficientes para los usuarios que se desea atender.

Es importante que la información de ayuda del sistema, sea ofrecida de preferencia mediante mensajes de voz y no a través de textos, teniendo en cuenta las dificultades de estas personas con el lenguaje. Recomiendan que estos mensajes estén en un lenguaje claro y con términos conocidos por los usuarios, que les ayude en su interacción con el sistema. Sin embargo, es importante tomar cuidado con los “excesos” de ayudas o facilidades que ofrece el sistema, pues algunas veces en lugar de apoyar en lo necesario, facilita “al extremo” la interacción usuario-sistema, disminuyendo así la productividad del sistema y el interés de los usuarios.

Para trabajos colaborativos, donde hayan situaciones que impliquen tareas de coordinación, recomiendan que éstas sean promovidas cuidadosa y gradualmente, ya que situaciones de coordinación son muy complejas para estos usuarios. Recomiendan también, evitar tareas que lleven a un trabajo de competencia, pues lo importante es enseñarles a compartir y cooperar y no a ser individualistas y competitivos.

3.3 Estrategias de colaboración propuestas

Basados en lo descrito anteriormente, fueron propuestas cuatro estrategias de colaboración para incentivar en los usuarios la interacción social a través del aprendizaje gradual de desarrollar tareas colaborativas. Éstas son definidas como estrategias que restringen la interacción sobre los elementos de una aplicación colaborativa multitáctil, con el objetivo de motivar/forzar la actividad colaborativa entre los participantes.

La propuesta de estrategias de colaboración se basó inicialmente en el conjunto de *Collaboration Patterns* de *Joint-In Suite* [9], de ahí se consideró el patrón *Different Role*, el cual puede incentivar en los usuarios la necesidad para cooperar y con ello, la motivación para interactuar uno con otro, debido al papel diferente que cada uno debe cumplir al interactuar sobre determinada aplicación. Usando el concepto de *Different Role* (asignación de roles a cada usuario), se propone una estrategia que permite facilitar la adaptación de los usuarios en una actividad colaborativa, motivándolos para cooperar e interactuar con sus compañeros.

Fue usado también el concepto de *Constraints on Objects*, considerado apropiado para motivar actividades colaborativas entre los usuarios mediante las restricciones que requieren interacción conjunta sobre determinados objetos.

Cabe resaltar que el concepto de *Ownership* no fue considerado debido al alto grado de severidad comportamental de los usuarios, lo cual puede dificultarles para realizar acciones de negociación, según lo recomendado por los especialistas. Igualmente, no fueron consideradas las estrategias *Choosing together* y *Enforced Collaboration* aplicadas en *Collaborative Puzzle Game* [4] y *SIDES* [16], porque éstas son aplicables únicamente para tecnologías multitáctiles que identifican cuál usuario realizó determinado toque sobre la superficie, como lo es la tecnología de *DiamondTouch* [6]. Estas estrategias no podrían ser completamente aplicadas en otro tipo de tecnologías multitáctiles, porque en éstas, un único usuario podría fácilmente simular que tiene un compañero, al usar sus dos dedos o sus dos manos para interactuar sobre la superficie.

Con esto, las tres primeras estrategias de colaboración propuestas, fueron basadas en el concepto de *Different Role*, en éstas se asignaron tareas para cada usuario, las cuales se fueron incrementando en cada siguiente estrategia. Esto para ayudar a los usuarios a entender y adaptarse poco a poco a sus respectivas tareas, y así mismo, para crear gradualmente la necesidad del otro para colaborar.

Para la tercera estrategia de colaboración, además de *Different Role*, se consideró también *Constraints on Objects*, donde algunas tareas requieren de la interacción simultánea por dos usuarios sobre algunos elementos de la aplicación. Este tipo de restricción genera mayor necesidad de colaboración, ya que exige la interacción de dos usuarios para conseguir determinados objetivos.

Finalmente, se elaboró la cuarta estrategia de colaboración, la cual no tiene ningún tipo de restricción de interacción sobre los elementos en la interfaz. Con esta estrategia se busca identificar los tipos de actitudes colaborativas generadas por los usuarios al interactuar en un ambiente libre, después de que fueron motivados/forzados a colaborar en los ambientes restringidos con las anteriores estrategias.

Así entonces, se obtuvieron tres estrategias con restricciones (intercambio pasivo de recursos, intercambio activo de recursos e intercambio con acciones simultáneas); y una sin restricciones (interacción sin restricción), descritas a seguir:

1) Intercambio pasivo de recursos: En esta estrategia se asignan a los usuarios respectivos recursos que deben ser compartidos entre ellos para conseguir un objetivo. Al **compartir recursos**, cada uno debe concentrarse en realizar su propia tarea, y en identificar el resultado de la tarea de su compañero, sin ser estrictamente necesario que identifique quién y cómo fue realizada aquella tarea. Es decir, es necesario únicamente de la percepción del estado de la acción del otro para colaborar (Figura 1.a).

Para realizar esa colaboración, los usuarios son apoyados por el sistema, recibiendo información sobre cuándo y cómo realizar sus respectivas tareas, para así dar respuesta a las acciones de su compañero.

2) Intercambio activo de recursos: Esta estrategia busca que los usuarios reconozcan la importancia del papel que cada uno debe cumplir para alcanzar un objetivo. Para ello, además de compartir recursos, se incluyen características que requieren de **intercambio de información** entre los usuarios, donde la acción de uno depende de la información recibida en la acción del otro (Figura 1.b). Para facilitar ese intercambio de información, son apoyados por el sistema, que ofrece ayudas mediante mensajes de voz que guían la interacción.

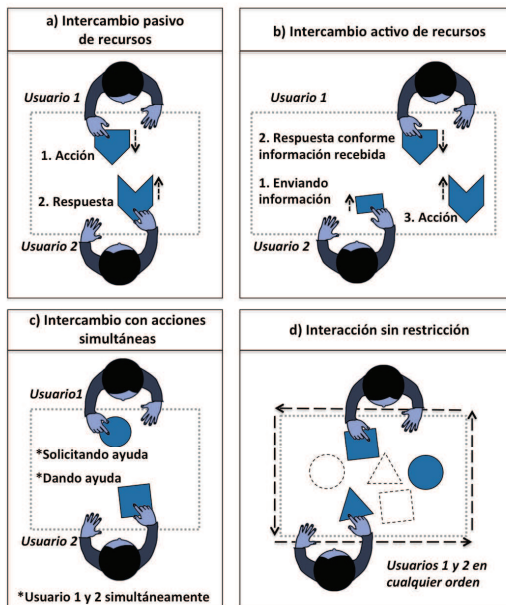


Figura 1. Conjunto de estrategias de colaboración propuestas.

3) Intercambio con acciones simultáneas: Esta estrategia introduce acciones simultáneas cooperativas. Cada usuario debe estar atento de las acciones para dar ayuda al otro cuando sea

requerido. Con esta estrategia se pretende que los usuarios reconozcan que la participación de ambos es estrictamente necesaria para conseguir algún objetivo, reconociendo también que están inmersos en una actividad colaborativa (Figura 1.c).

4) Interacción sin restricción: Esta estrategia no asigna papeles ni restricciones para cada usuario, con el fin de que ellos desarrollen estrategias de colaboración al compartir recursos, intercambiar información y cooperar libremente. Esta estrategia debe ser ofrecida a los usuarios después que ellos han trabajado con las estrategias que poseen restricciones. Se espera que los usuarios realicen la actividad en conjunto, aunque eso no sea estrictamente requerido (Figura 1.d).

3.4 Estrategias de colaboración aplicadas en un juego multitáctil

Fue desarrollado un juego colaborativo multitáctil llamado PAR. Éste fue diseñado de acuerdo con los requisitos del grupo de jóvenes escogido y las recomendaciones de los especialistas. Los elementos que hacen parte del juego fueron diseñados con características de interés para los usuarios, que son fácilmente identificables y manipulables. Además, se agregaron mensajes informativos que van orientando la interacción de los usuarios durante el juego.

El juego PAR está compuesto por tres niveles consecutivos, cada nivel incluye una de las tres estrategias con restricciones y la estrategia sin restricción. El juego consiste en vestir uno a uno a los jugadores de un equipo de fútbol. Para ello, es necesario adquirir las tres prendas (camiseta, pantaloneta y zapatos) del uniforme de cada jugador. Las prendas están distribuidas aleatoriamente en tres repisas de un estante, éstas deben ser enviadas hasta un carrito que se encuentra en la parte inferior del estante. Cuando las tres prendas estén en el carrito, éste debe ser llevado al área de estacionamiento en el vestuario, para vestir a un jugador. Cuando un jugador es vestido, el carrito debe ser llevado nuevamente a la estantería para recibir las prendas de otro uniforme y vestir al siguiente jugador.

La obtención de las prendas de un uniforme se consigue con la cooperación de dos usuarios, de forma diferente en cada nivel, para ello, un usuario (usuario 1) debe ubicarse en un lado de la mesa multitáctil y su compañero (usuario 2) en el lado opuesto, de manera que estén frente a frente para interactuar. Cuando las prendas se han obtenido, los usuarios pueden desplazarse hasta el área indicada para vestir juntos al jugador.

Nivel uno: En este nivel se aplicó la estrategia **intercambio pasivo de recursos**. El usuario 1 debe tomar alguna prenda de una repisa y colocarla en la caja respectiva. En ese momento, la caja descende y, el usuario 2 debe mover el carrito para recibir la prenda enviada en la caja (Figura 2.a). El mismo proceso se repite hasta que el usuario 2 haya recibido las tres prendas correspondientes a un uniforme. Cuando el carrito tiene las 3 prendas, el usuario 2 debe llevarlo hasta el área de estacionamiento en el vestuario.

Nivel dos: Se aplicó en este nivel la estrategia **intercambio activo de recursos**, donde el usuario 2 es quien debe informar a su compañero sobre la prenda que desea recibir. Así, el usuario 2 presiona el botón correspondiente a la prenda que desea recibir (Figura 2.b) y una voz del sistema informa el nombre de esa prenda. El usuario 1 debe tomar esa prenda desde cualquier repisa y colocarla en la caja respectiva. La caja descende y el usuario 2

recibe la prenda en su carrito. Este mismo proceso se repite hasta conseguir las tres prendas para llevar el carrito al estacionamiento.

Nivel tres: En este nivel, en el momento en que el usuario 2 solicita alguna prenda, las cajas se cierran y una voz del sistema informa: “Ayúdame a abrir las cajas apretando el botón amarillo”. Entonces, el usuario 2 ayuda a su compañero apretando el botón respectivo, al mismo tiempo que su compañero toma la prenda y la coloca en la caja abierta. Cuando la prenda está en la caja, el usuario 2 puede soltar el botón de ayuda. Estas acciones hacen parte de la estrategia **intercambio con acciones simultáneas** (Figura 2.c).

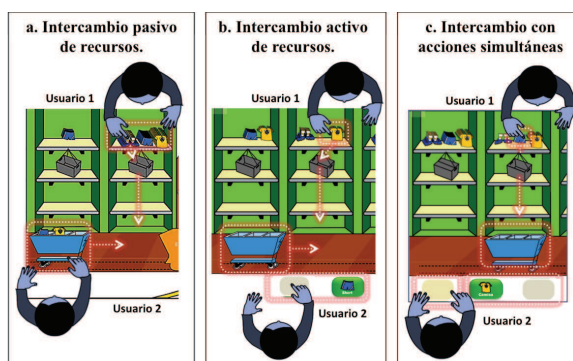


Figura 2. Estrategias con restricciones usadas en los tres niveles del juego PAR.

En los tres niveles: Después de que el carrito es ubicado en la zona de estacionamiento en el vestuario, es aplicada la estrategia **interacción sin restricción**, donde los dos usuarios pueden tomar las prendas en el orden y momento deseado y, vestir al jugador (Figura 3). Cuando el jugador es vestido, el sistema le informa la cantidad de jugadores que han sido vestidos y que pueden continuar con los demás jugadores. Los usuarios regresan a su ubicación inicial alrededor de la mesa multitáctil, para continuar con la actividad. Es el usuario 2 quien toma el carrito y lo lleva para la parte inferior del estante.

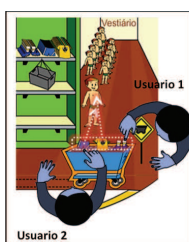


Figura 3. Estrategia interacción sin restricción.

4. EVALUACIÓN

En esta sección son presentados tanto el proceso de evaluación con el grupo de usuarios seleccionado, como los resultados encontrados en el mismo.

4.1 Procedimiento de la evaluación

Inicialmente, fue realizada una etapa de pre-evaluación para que los usuarios, uno a uno, identifiquen la tecnología multitáctil y se familiaricen con la interacción y manipulación de los elementos del juego. En esta etapa, el investigador explicó el funcionamiento del juego e hizo el papel de compañero de juego de cada usuario. Esta etapa tuvo una duración de 9 días distribuidos en un mes, tiempo en el cual los usuarios consiguieron interactuar fácilmente

con la superficie multitáctil y aprendieron como interactuar en cada nivel del juego.

Posteriormente, fue realizada la etapa de evaluación, con el principal objetivo de identificar el efecto de cada estrategia de colaboración en la estimulación de expresiones de interacción social en los usuarios, para lograr un trabajo colaborativo durante el juego.

Los tests fueron realizados en una mesa multitáctil con tecnología de iluminación difusa [13]. Fueron aplicados 51 sesiones de tests distribuidos en seis semanas, cada sesión tuvo una duración entre 5 y 15 minutos. Éstas fueron filmadas para analizar tanto la interacción usuario-sistema como usuario-usuario. En cada sesión, participaron dos usuarios por test, el investigador en el papel de observador y un terapeuta quien estuvo pendiente de la supervisión y atendimento de los usuarios caso necesario. Un total de 8 terapeutas participaron del proceso de evaluación.

Los tests fueron realizados de manera que cada usuario interactúe en el juego siguiendo el orden de los niveles uno, dos y tres. Durante cada test fueron cambiadas tanto las parejas de usuarios como su respectiva ubicación alrededor de la mesa multitáctil. De esta forma, cada usuario interactuó con cada uno de los demás participantes, y realizó tanto el papel de usuario 1 como de usuario 2, en diferentes tests.

4.2 Criterios de evaluación

Para identificar la efectividad de las estrategias propuestas y cumplir con el objetivo planteado, fueron evaluados aspectos relacionados con las expresiones de interacción social realizadas por los usuarios durante su trabajo colaborativo en el juego PAR, dando respuesta a las siguientes:

¿Las restricciones de cooperación incluidas en cada estrategia, incentivaron a los usuarios para realizar una actividad creciente de colaboración? ¿Las estrategias de colaboración propuestas generaron iniciativa en cada usuario para interactuar con su compañero? ¿Los usuarios se involucraron en situaciones de interacción social recíprocas? ¿Qué tipo de expresiones de interacción social realizaron los usuarios tanto para intentar interactuar con su compañero como para involucrarse en una interacción social recíproca?

Tabla 2. Categorías de expresiones gestuales y/o verbales de interacción social presentadas por los usuarios.

Expresiones gestuales y/o verbales	Expresiones gestuales
Orientar	Contacto visual
Incentivar	Sonreír
Preguntar	Reír
Responder	Contacto físico
Pedir ayuda	
Agradecer	
Corregir	
Reclamar	
Celebrar	
Rechazar	

Para dar respuesta a esos interrogantes se identificó el progreso de las diferentes expresiones gestuales y/o verbales de interacción social entre los usuarios en cada estrategia de colaboración (ver Tabla 2). La forma como esas expresiones fueron presentadas por

los usuarios, fue clasificada en “situaciones interactivas” e “intenciones de interacción”. Situaciones interactivas son aquellas donde los dos usuarios se encuentran envueltos en una interacción social recíproca, donde un usuario se ve motivado por interactuar con el otro, y su compañero responde de alguna forma a esa interacción. Por otro lado, intenciones de interacción son aquellas situaciones donde un usuario tiene la intención de interactuar al manifestarse con alguna expresión gestual o verbal, pero no recibe ninguna respuesta de su compañero.

Las situaciones interactivas fueron a su vez, clasificadas por Tipos de acuerdo a la cantidad de expresiones de interacción intercambiadas entre los usuarios durante su interacción (Tabla 3). Esto es porque una expresión de interacción de un usuario, puede conducir a una única respuesta interactiva de su compañero, finalizando entonces la interacción entre ambos. Pero, también pueden presentarse situaciones interactivas donde una expresión interactiva de un usuario lleva a una respuesta interactiva de su compañero, y ésta a su vez, puede llevar a una nueva expresión de interacción del anterior y, así sucesivamente (ver Figura 4). Cuanto mayor es la cantidad de ese intercambio de expresiones interactivas, la interacción social es más duradera, y es catalogada con un tipo mayor, como indicado en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de tipos de situaciones interactivas.

Clasificación	Cantidad de expresiones de interacción intercambiadas entre los usuarios
Tipo I	AI U1 → RI U2
Tipo II	AI U1 → RI U2 → AI U1 o AI U1 → RI U2 → AI U1 → RI U2
Tipo III	AI U1 → RI U2 → AI U1 → RI U2 → AI U1 o AI U1 → RI U2 → AI U1 → RI U2 → AI U1 → RI U2
Tipo IV	AI y RI más de 3 por usuario.

* AI: Acción interactiva, RI: Respuesta interactiva, U1: Usuario 1, U2: Usuario 2

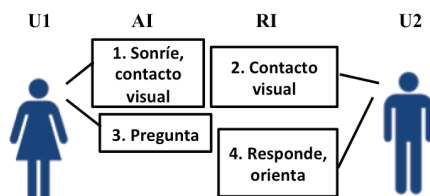


Figura 4. Ejemplo de situación interactiva Tipo II.

4.3 Resultados

Los resultados indican que las estrategias de colaboración aplicadas en cada nivel del juego PAR, generaron cada vez mayor necesidad de colaboración entre los usuarios, y con ello, incrementaron su motivación para realizar las tareas cooperativamente, guiando a sus compañeros mediante diferentes expresiones de interacción verbales y/o gestuales.

En el primer nivel del juego, con la estrategia intercambio pasivo de recursos, se observó que los usuarios A y E tuvieron mayor iniciativa para realizar un trabajo cooperativo con sus compañeros (Figura 5), y se vieron motivados a alentarlos a participar de la actividad, mediante diferentes expresiones verbales y/o gestuales, como orientaciones, contacto físico y contacto visual. Los

usuarios B y C manifestaron algunas veces su deseo de interactuar con el otro, mediante sonrisas, reclamos y celebrando los logros.

En algunas ocasiones obtuvieron respuesta de sus compañeros llevando a la creación de situaciones interactivas, en su mayoría de tipo I (Figura 6). Éstas envuelven expresiones como orientar, contacto físico, contacto visual y reclamos (Figura 7). En otras ocasiones, pese a esos intentos de motivación, no obtuvieron respuesta, y se presentaron algunos comportamientos negativos, como actitudes agresivas, deseo de realizar tanto su propia tarea como la del compañero y desinterés en participar causado por la ausencia de colaboración del compañero.

En el segundo nivel, con la estrategia intercambio activo de recursos, se observó que los usuarios necesitaron mayor colaboración que en el nivel anterior, llevándolos a incrementar las expresiones de interacción para cooperar con sus compañeros en la realización de las tareas en el juego, generando mayor cantidad de situaciones interactivas (Figura 6). Los usuarios A, C y E realizaron la mayor cantidad de expresiones interactivas, mientras que B y D se mostraron receptivos, pero esta vez estuvieron más atentos para entender las orientaciones de sus compañeros, responder a lo solicitado e incluso tener la iniciativa para interactuar con los demás (Figura 5). Todos los participantes tuvieron una participación más activa tanto para tener la iniciativa de interactuar como para involucrarse en una situación interactiva, incrementando la cantidad de expresiones de interacción social, incluso algunas que no fueron presentadas en el nivel anterior, como agradecer, rechazar y reír (Figura 7).

Ya en el tercer nivel, la estrategia intercambio con acciones simultáneas demandó mayor concentración para realizar las tareas en el juego, y con esto, incrementó la colaboración entre los usuarios. Algunos usuarios comprendieron fácilmente la actividad de realizar acciones simultáneas, mientras que otros necesitaron de mayor adaptación. Esto permitió que, los primeros estuvieran más interesados por orientar a sus compañeros y, que los otros, estuvieran más atentos a esas orientaciones. Es importante destacar, que en este nivel no fueron presentados comportamientos negativos y/o agresivos.

En este nivel se realizaron menor cantidad tanto de intenciones de interacción como de situaciones interactivas (Figuras 5 y 6), sin embargo, se observó que los usuarios estuvieron más atentos por cumplir una tarea en común, aumentando expresiones de interacción como incentivar, corregir las acciones de otros, rechazar, contacto visual, sonreír y contacto físico (Figura 7). Se destaca que se presentaron situaciones interactivas más duraderas, presentándose incluso una de tipo IV (Figura 6). Además, éstas estuvieron envueltas por mayor cantidad de expresiones por cada usuario, como el ejemplo que se muestra en la Figura 4, donde en una situación interactiva de tipo II cada usuario realiza apenas una expresión interactiva.

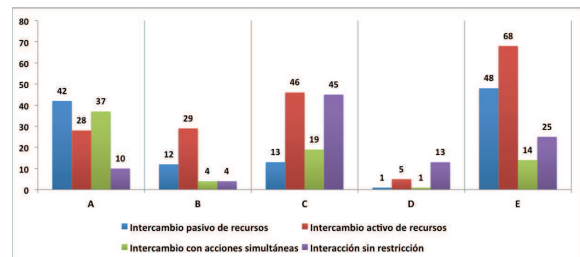


Figura 5. Cantidad de intenciones de interacción realizadas por cada usuario en cada estrategia propuesta.

En los tres niveles del juego, donde se aplicó la estrategia interacción sin restricción, se presentaron únicamente situaciones interactivas de tipos I y II (Figura 6). Aquí los usuarios A, C y E fueron quienes realizaron la mayor cantidad de expresiones de interacción motivando a sus compañeros para interactuar. Los usuarios B y D, mostraron cada vez mayor motivación y estuvieron más atentos a las orientaciones y participaron cooperativamente de la actividad. Aunque la cantidad de expresiones de interacción fueron menores en relación a las otras estrategias, se destaca que los usuarios intentaron interactuar ayudándose unos a otros para que la actividad pueda ser realizada entre ambos. Se observaron situaciones de cooperación mediante contacto físico (Figura 7), donde un usuario ayudaba al otro tomándole de la mano para que realice la tarea; cambio de turnos para vestir el jugador y orientaciones de unos a otros. Estas situaciones fueron incrementando en cada nivel del juego.

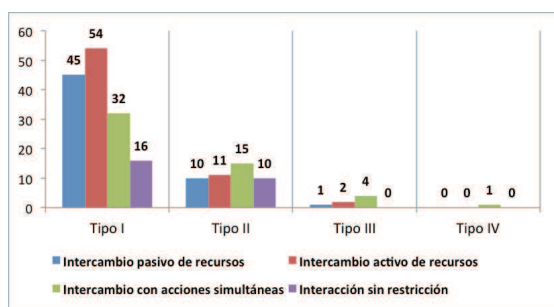


Figura 6. Cantidad de situaciones interactivas (clasificadas por tipos) en cada estrategia de colaboración.

Los resultados indican que la estrategia interacción sin restricción, al ser usada después de las estrategias con restricciones, incentiva en los usuarios la necesidad de realizar el trabajo en conjunto, aunque esto no sea algo obligatorio, los usuarios estuvieron motivados por ayudar y buscar ser ayudados. Del mismo modo, las estrategias propuestas, motivaron la realización de expresiones de interacción verbales y/o gestuales en cada usuario para realizar las tareas de forma colaborativa.

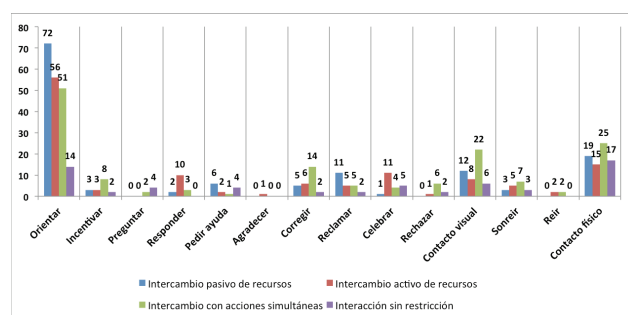


Figura 7. Expresiones de interacción social realizadas por los usuarios en las situaciones interactivas en cada estrategia.

Por otra parte, los especialistas que acompañaron el proceso de evaluación, indicaron la importancia de la aplicación al permitir la interacción de dos usuarios para lograr el objetivo del juego, ya que incentiva la colaboración por encima de una competición, motivando entonces una participación equitativa entre los jóvenes.

Los especialistas destacan tanto la importancia de las estrategias con restricciones, porque ofrecen oportunidad para la interacción por turnos e incentiva en los usuarios la necesidad del otro para cumplir un objetivo, como la importancia de la estrategia sin restricción, la cual permitió que los usuarios que se manifestaron

más activos aprendan a esperar la participación de sus compañeros, y los que estuvieron pasivos, se permitieran ser orientados.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo propuso un conjunto de estrategias de colaboración para aplicaciones colaborativas multitáctiles destinadas a personas con autismo con alto grado de comprometimiento en la interacción social. Tales estrategias fueron desarrolladas de acuerdo a requisitos específicos de un grupo de jóvenes con autismo, recomendaciones de especialistas y estrategias colaborativas usadas en otros trabajos para personas con AAF. Las estrategias de colaboración fueron acatadas para el desarrollo del juego colaborativo multitáctil PAR, el cual fue evaluado con el grupo de jóvenes mencionados.

Los resultados encontrados muestran que tanto la tecnología multitáctil como las estrategias de colaboración, fueron de gran interés para los usuarios con alto comprometimiento de autismo y los motivó para interactuar socialmente y realizar un trabajo colaborativo. Se destaca la importancia de ofrecer para estos usuarios una aplicación donde las tareas colaborativas se van incrementando gradualmente a medida que ellos van aprendiendo la importancia de cooperar con otros. Pues, ese incremento de tareas los envolvió en una experiencia atractiva, creándoles la necesidad de colaborar y motivándolos a interactuar mediante diferentes expresiones verbales y/o gestuales, tales como, orientar al compañero, contacto físico y visual, sonreír, corregir y celebrar un logro.

A medida que los usuarios avanzaron en el juego realizaron nuevos tipos de expresiones de interacción y estuvieron envueltos en situaciones de interacción recíprocas más duraderas. En la estrategia intercambio pasivo de recursos, los usuarios más activos identificaron a su compañero como responsable de la ejecución de la otra acción y, los usuarios más receptivos solicitaron mayor cantidad de ayudas para interactuar, sin identificar totalmente que esa ayuda podía ser ofrecida por su compañero. Los usuarios se expresaron verbal y/o gestualmente para orientar a sus compañeros en la realización de la actividad. En la estrategia intercambio activo de recursos, los usuarios comprendieron la importancia del otro para colaborar para que la actividad sea cumplida, y se vieron motivados a interactuar más entre ellos. En la estrategia intercambio con acciones simultáneas, los usuarios prestaron mayor atención a la actividad y a las tareas de sus compañeros, para realizar tanto sus propias tareas como las tareas en conjunto. Los resultados encontrados con la aplicación de la estrategia interacción sin restricción, indican que los usuarios con autismo pueden encontrar formas para colaborar en un ambiente sin restricciones, después de que ellos han aprendido la colaboración en los ambientes restringidos.

Tales contribuciones favorables permiten sugerir que las estrategias propuestas en este trabajo sean usadas en otras aplicaciones colaborativas multitáctiles que buscan incentivar la interacción social y tareas de colaboración en personas con autismo de alto comprometimiento. Sin embargo, se considera necesario aplicar esas estrategias en otras aplicaciones y evaluarlas con otros grupos de usuarios para identificar posibles generalizaciones y limitaciones de este planteamiento. Así también, realizar estudios de seguimiento a los usuarios para identificar la contribución de las estrategias en sus actividades colaborativas cotidianas.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las entidades CAPES y CNPq por el financiamiento de esta investigación.

7. REFERENCIAS

- [1] APA. American Psychiatric Association. (2000). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fourth Edition. DSM-IV, Washington, DC, 2000.
- [2] APA. American Psychiatric Association. (2014). DSM-5 Development. Autism Spectrum Disorder. <http://www.dsm5.org/Documents/Autism%20Spectrum%20Disorder%20Fact%20Sheet.pdf> Accessed: 20 March 2014.
- [3] Assumpção, F. and Camargos, Jr. W. (2005). Diagnóstico diferencial dos transtornos abrangentes de desenvolvimento. In Camargos, Jr. W. (2005). *Transtornos invasivos do desenvolvimento: 3 milênio*. Sec. Especial dos Direitos Humanos, CORDE, p.p 16 -19.
- [4] Battocchi, A., Pianesi, F., Tomasini, D., Zancanaro, M., Esposito, G., Venuti, P., Ben Sasson, A., Gal, E. and Weiss, P. L. (2009). Collaborative Puzzle Game: A Tabletop Interactive Game for Fostering Collaboration in Children with Autism Spectrum Disorders (ASD). In *ITS'09 Proc. of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, Calgary, AB, Canada, 23 - 25 November 2009. NY, USA: ACM Press, pp. 197-204.
- [5] Chen, W. (2012). Multitouch Tabletop Technology for People with Autism Spectrum Disorder: A Review of the Literature. In Proceedings of the 4th International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2012), Douro Region, Portugal, 19 – 22 July 2012. Procedia Computer Science, vol. 14, pp.198 – 207.
- [6] Dietz, P., and Leigh, D. (2001). DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology. In *UIST'01 Proc. of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, Orlando, FL, USA, 11 - 14 November 2001. New York, USA: ACM, pp. 219-226.
- [7] Farr, W., Yuill, N. and Raffle, H. (2010). Social benefits of a tangible user interface for children with autistic spectrum conditions. *Autism*, vol. 14, no. 3, may 2010, pp. 237-252.
- [8] Gal, E., Bauminger, N., Goren-Bar, D., Pianesi, F., Stock, O., Zancanaro, M. and Weiss, P.L. (2009). Enhancing Social Communication in High-Functioning Children with Autism through a Co-Located Interface. *AI&Society, Knowledge, Culture and Communication*, vol. 24, issue 1, Springer-Verlag, August 2009, pp. 75-84.
- [9] Giusti, L., Zancanaro, M., Gal, E. and Weiss, P. L. T. (2011). Dimensions of Collaboration on a Tabletop Interface for Children with Autism Spectrum Disorder. In *CHI'11 Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, BC, Canada, 7 - 12 May 2011. New York: ACM, pp. 3295-3304.
- [10] Hourcade, J. P., Bullock-Rest, N. E., and Hansen, T. E. (2012). Multitouch Tablet Applications and Activities to Enhance the Social Skills of Children with Autism Spectrum Disorders. *Personal and Ubiquitous Computing*, vol.16, no.2, February 2012, pp. 157-168.
- [11] Kientz, Julie A., Goodwin, Matthew S., Hayes, Gillian R., and Abowd, Gregory D. (2013). Interactive Technologies for Autism. *Synthesis Lectures on Assistive, Rehabilitative, and Health-Preserving Technologies*, vol. 2, no. 2, November 2013, Vol. 2, No. 2, pp. 1-177.
- [12] Klin, A. (2006). Autism and Asperger syndrome: an overview. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 28, s3-s11.
- [13] Lys, Ithor, and Frederick Marshall Morgan. (2008) "Diffuse illumination systems and methods." U.S. Patent No. 7,352,339. 1 Apr. 2008.
- [14] Millen, L., Hawkins, T., Cobb, S., Zancanaro, M., Glover, T., Weiss, P. L. and Gal, E. (2011). Collaborative Technologies for Children with Autism. In *IDC'11 Proc. of the 10th International Conference on Interaction Design and Children*, Ann Arbor, Michigan, USA, 20 – 23 June 2011. NY, USA: ACM, pp. 246-249.
- [15] Noor, H. M., Shahbodin, F. and Pee, C. (2012) Serious Game for Autism Children: Review of Literature. In *International Conference on Computer Games, Multimedia, and Allied Technology*, Venice, Italy, 11 – 13 April 2012. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 64, pp. 588-593.
- [16] Piper, A. M., O'Brien, E., Morris, M. R. and Winograd, T. (2006). SIDES: A Cooperative Tabletop Computer Game for Social Skills Development. In *CSCW'06 Proc. of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Banff, Alberta, Canada, 4 – 8 November 2006. NY, USA: ACM, pp. 1-10.
- [17] Salle, E., Sukiennik, P., Salle, A., Onófrío, R., Zuchi, A., Camargos, Jr. W. (2005). Autismo infantil: sinais e sintomas. In Camargos, Jr. W. et al. (2005). *Transtornos invasivos do desenvolvimento: 3o milênio*. Sec. Especial dos Direitos Humanos, CORDE, ch. 1, p. 13.
- [18] Sitdhisanguan, K., Dechaboon, A., Chotikakamthorn, N. and Out, P. (2007). Comparative Study of WIMP and Tangible User Interfaces in Training Shape Matching Skill for Autistic Children. In *TENCON 2007 IEEE Region 10 Conference*, Taipei, Taiwan, 30 October – 2 November 2007. IEEE Explore Digital Library, pp. 1-4.
- [19] WHO. World Health Organization. (1992). ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders: Clinical Descriptions and Diagnostic Guidelines, Geneva, 1992.
- [20] Wing, L. (1988). The continuum of autistic characteristics. In: Schopler, E. (Ed) and Mesibov, G. B. (Ed). 1988. Diagnosis and assessment in autism. Current issues in autism. pp 91-110. New York, NY, US: Plenum Press, xix, 327 pp.
- [21] Yuill, N., and Rogers, Y. (2012). Mechanisms for collaboration: A Design and Evaluation Framework for Multi-User Interfaces. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 19, Issue 1, no. 1, May 2012, pp. 1- 25.
- [22] Zancanaro, M., Giusti, L., Bauminger-Zviely, N., Eden, S., Gal, E., & Weiss, P. L. (2014). NoProblem! A Collaborative Interface for Teaching Conversation Skills to Children with High Functioning Autism Spectrum Disorder. In *Playful User Interfaces*. Springer Singapore, pp. 209-224.

Estudios de Caso en la Determinación y Evaluación de Procesos Colaborativos en el Contexto del Desarrollo de Software

Julio Ariel Hurtado Alegría
IDIS Research Group
Universidad del Cauca
Popayán - Colombia
57-2-8209800 ext 2133
ahurtado@unicauca.edu.co

César A. Collazos
IDIS Research Group
Universidad del Cauca
Popayán - Colombia
57-2-8209800 ext 2133
ccollazo@unicauca.edu.co

ABSTRACT

La ingeniería de la colaboración se enfoca hacia construcción sistemática de procesos colaborativos, con el fin de convertirlos en un capital de gran valor para las organizaciones. La construcción de procesos colaborativos repetibles requiere, por un lado, de la comprensión de los procesos que en forma ad-hoc establecen los equipos y por otro lado de la evaluación de los procesos colaborativos diseñados para establecer su efectividad. En este artículo se presenta CSACE (Case Study based Analysis in Collaboration Engineering), un método que se basa en los estudios de caso para establecer las necesidades de procesos colaborativos desde las interacciones del equipo, así como la evaluación empírica de la efectividad del proceso colaborativo resultante. El método CSACE fue aplicado en el modelado de dos procesos colaborativos, en los cuales estos fueron analizados y evaluados dentro de dos ambientes de aprendizaje diferentes usando el estudio de caso como metodología de investigación.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education – Collaborative Learning.

General Terms

Human Factors

Keywords

Collaboration Engineering, Collaborative Patterns, Thinklets, Case Study.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos organizacionales normalmente incluyen tareas que necesitan ser llevadas a cabo por equipos de trabajo en forma colaborativa. La colaboración es la unión de los esfuerzos individuales de cada miembro del equipo de trabajo con el fin de alcanzar una meta común [12]. Las organizaciones colaborativas se conforman para dar valor a una comunidad de actores que de otra forma no podría ser logrado por ellos mismos en forma individual [13]. Cuando las personas trabajan juntas hacia una meta, se mueven a través de procesos en los cuales deben combinar su experticia, su percepción y sus recursos para la realización de las tareas asignadas [14]. Algunas tareas organizacionales son ad hoc, esfuerzos que se realizan una sola

vez para un propósito particular, que ocasionalmente o nunca se repiten. Sin embargo, otras tareas organizacionales son frecuentes. La Ingeniería de la Colaboración es una aproximación sistemática para el diseño de procesos y tecnologías colaborativos reutilizables, que pretende guiar la ejecución de tareas colaborativas, de forma predecible y exitosa entre los miembros de un equipo de trabajo [14].

La construcción de procesos colaborativos repetibles requiere de metodologías de diseño. Uno de los actuales focos de investigación es la identificación y documentación de bloques de construcción reutilizables para el diseño de procesos de colaboración. Hasta el momento, los investigadores han codificado una colección de estos bloques de construcción, llamados ThinkLets [12]. Un thinkLet es una actividad de razonamiento encapsulada y que posee un nombre, que se basa en un patrón de colaboración predecible y repetible entre las personas que trabajan hacia una meta común [15]. Un thinkLet es considerado una unidad básica de capital intelectual requerido para reproducir un patrón de colaboración donde los participantes que trabajan hacia un objetivo común [12], por lo que son usados como piezas conceptuales en el diseño de procesos de colaboración [16]. Sin embargo, la identificación de las interacciones de los equipos, tanto para establecer los patrones de colaboración, así como la verificación de la efectividad de los mismos es una necesidad esencial para comprender, diseñar y analizar los procesos que en forma ad-hoc establecen los equipos. Algunos métodos de análisis y evaluación que intentan resolver esta problemática incluyen la observación sistemática, el análisis de texto basado en computador, la etnografía, análisis del discurso lingüístico, análisis del discurso sociocultural, análisis de las conversaciones y combinaciones [11].

En este artículo se presenta CSACE (Case Study based Analysis in Collaboration Engineering), un método que se basa en los estudios de caso para establecer las necesidades de procesos colaborativos desde las interacciones del equipo, así como la evaluación empírica de la efectividad del proceso colaborativo resultante. Los estudios de caso son una metodología de investigación que ha demostrado ser útil para la ingeniería del software en el análisis de sujetos de estudio que son más fáciles de observar en grupo que de forma aislada [17], por lo que son un enfoque viable para el análisis y evaluación de los procesos colaborativos. El método CSACE fue aplicado en el modelado de dos procesos de ingeniería de software de enfoque colaborativos, en los cuales se analizaron y evaluaron los aspectos colaborativos

dentro de dos ambientes de aprendizaje diferentes. Los estudios de caso para el análisis son normalmente de tipo exploratorio mientras los estudios de caso para la evaluación son normalmente de tipo descriptivo.

El resto del artículo se ha organizado de la siguiente forma. La sección 2 presenta los trabajos relacionados al análisis y evaluación de la ingeniería de la colaboración. La sección 3 presenta el método CSACE y la sección 4 presenta su evaluación a través de su aplicación en dos estudios de caso. La sección 5 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Entendiendo la Colaboración como el compromiso mutuo de un grupo de participantes en un esfuerzo coordinado para resolver un problema, recientes investigaciones han comenzado a dar mayor énfasis al estudio de los procesos de colaboración y cómo apoyar su construcción [10]. Se ha concluido que lograr enfocarse en entender los procesos de colaboración resulta de gran importancia para lograr entender el valor del trabajo en equipo con pares de aprendizaje (Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

La literatura presenta ejemplos diversos, en los cuales se intenta evaluar los procesos en entornos de aprendizaje colaborativo analizando las interacciones entre los participantes. Las típicas evaluaciones han sido realizadas utilizando exámenes para determinar el grado de aprendizaje de los estudiantes. Es decir, evaluaciones cuantitativas de la calidad del aprendizaje. La investigación sobre los procesos de aprendizaje en cooperación, revela que es necesario avanzar en el conocimiento de los mecanismos que intervienen y favorecen su eficacia en la construcción de conocimiento conjunto, para el desarrollo de modelos más profundos en contextos virtuales de aprendizaje y enseñanza. De acuerdo a Arveja et al. [3], la posibilidad de observar estos mecanismos y la evolución de esta construcción conjunta, puede ser útil para su adecuada y eficaz aplicación

Barros y Verdejo [4] han propuesto un entorno computacional asíncrono que permite que los estudiantes estructuren discusiones en línea. La evaluación involucra hacer análisis de las conversaciones analizando aspectos relacionados con iniciativa, creatividad, elaboración y conformismo. Garrison y Anderson [6], han determinado que es clave la observación del discurso de los estudiantes, lo que implica identificar los tipos de lenguaje que utilizan los estudiantes en la interacción. Estos tipos de lenguaje se constituyen en los indicadores observables de los mecanismos señalados. En esta propuesta, el centro del aprendizaje cooperativo es la construcción de significado compartido, y la interdependencia y las relaciones psicosociales son los mecanismos cruciales para que esta construcción se produzca. Katz et al. [6] desarrollaron un sistema de aprendizaje basado en reglas. Estos sistemas aprenden los patrones de conversación extraídos de segmentos de diálogo al realizar una actividad específica.

Muhlenbrock y Hoppe[7] desarrollaron un sistema para analizar conflictos cuando un grupo de estudiantes intentan resolver una actividad colaborativa. Collazos et al. Plantean una serie de indicadores para evaluar el proceso de colaboración, utilizando juegos como estrategias para modelar y evaluar el proceso colaborativo[9].

Los anteriores enfoques se basan implícitamente en casos para analizar la información relevante a la colaboración, incluyendo los casos reportados, como es el caso de Cheng et al. [24], pero no desarrollan como tal un método en el que se hagan preguntas asociadas a descubrir los procesos de colaboración propios de los equipos o a evaluar las propuestas con el fin de determinar si el proceso colaborativo permitirá a los equipos alcanzar la meta bajo las restricciones del proceso.

3. MÉTODO CSACE

El método CSACE (Case Study based Analysis in Collaboration Engineering) integra la necesidad por estudiar el fenómeno de la colaboración en equipos de desarrollo de software y el estudio de caso como metodología para conducir dicho estudio. De acuerdo a Yin[18], un estudio de caso es un mecanismo para concluir acerca de un fenómeno asociado a un objeto de investigación a través de los sujetos de estudio involucrados, que sin controlarlos, sus comportamientos pueden ser observados y registrados con el fin de responder una o varias preguntas de investigación. Los estudios de caso son la estrategia recomendada cuando se proponen preguntas de tipo “cómo” o “por qué”, cuando el investigador tiene poco control de los eventos y cuando se enfoca en un fenómeno cuyo contexto es real. Los estudios de caso pueden ser exploratorios, es decir cuando se busca determinar relaciones a partir de la realidad actual del fenómeno bajo investigación, mientras los descriptivos y explicativos, permiten mostrar con mayor precisión la presencia de algún aspecto que se espera encontrar y que servirá para un real o potencial trabajo de generalización. La Figura 1 presenta el marco general del método, las tareas verdes corresponden a las tareas cubiertas por el método CSACE dentro del contexto de la ingeniería de la colaboración.



Figura 1. Contexto del método CSACE.

3.1 Estructura del Método

El método CSACE, es un enfoque de investigación incremental que busca facilitar la descripción del fenómeno colaborativo, para su posterior diseño o rediseño, mientras que facilita la evaluación de los procesos colaborativos con el fin de ganar retroalimentación sobre su efectividad. En el método hay dos roles, el ingeniero de procesos colaborativos y el equipo de trabajo. El método presenta tres actividades fundamentales como se puede ver en la Figura 2:

- **Entender las interacciones del equipo:** en esta actividad el ingeniero de procesos debe determinar la

naturaleza de la colaboración desde la práctica. Si bien la definición del proceso debe ser obtenida desde distintas fuentes CSACE enfatiza en la extracción empírica de las dinámicas de colaboración presentes en el equipo.

- **Diseño incremental del proceso:** el ingeniero de procesos plantea el proceso colaborativo a partir del análisis de la evidencia empírica obtenida en la actividad anterior, bien sea de un proceso colaborativo en exploración o de un proceso colaborativo en formulación. Este diseño puede ser establecido a través de Thinklets.

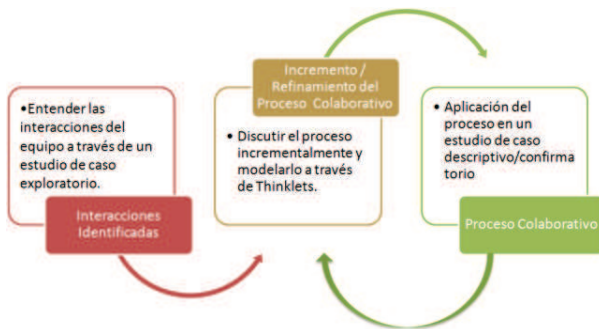


Figura 2. Estructura fundamental del método CSACE

- **Aplicación del Proceso Colaborativo:** El ingeniero de procesos con el fin de determinar la aplicabilidad y el alcance de los objetivos, aplica el proceso colaborativo con el mismo u otro equipo de trabajo. Dada la naturaleza de definición incremental del proceso colaborativo, la aplicación y análisis mediante un estudio de caso descriptivo y explicativo, permite retroalimentar y refinar el modelo de colaboración en formulación.

Tomando como referencia el trabajo de Runeson et. al. [17], el método CSACE define tres actividades fundamentales para cada estudio de caso, independiente del tipo que éste sea y momento en que se aplique dentro del método como se presenta en la Figura 3. De igual forma define un conjunto de artefactos generales que permiten guiar la aplicación del método:

- **Diseño del estudio de caso:** en esta actividad el ingeniero de procesos planifica y diseña el estudio de caso. Se parte de una o varias preguntas acerca del proceso colaborativo, opcionalmente se plantean hipótesis que permitirán fundamentar una teoría. Basado en estas, se define el tipo de estudio de caso, se selecciona el caso de aplicación y se establecen los sujetos de investigación. Asociado a los objetivos e hipótesis, siguiendo un enfoque GQM [25], se define un conjunto de indicadores que faciliten la determinación

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

del alcance, se establecen las métricas y fórmulas necesarias para obtener el indicador. Con las métricas e indicadores definidos se diseñan los instrumentos particulares de recolección de particulares durante el estudio de caso de acuerdo a las distintas técnicas de recolección acordes al caso (encuestas, entrevistas, protocolo de observación) y a los artefactos usados como parte del mismo proceso colaborativo en los que queda registrada la evidencia de la ejecución. Esta actividad entrega el artefacto: plan del estudio de caso.

- **Aplicación del estudio de caso:** en esta actividad el ingeniero de procesos, de acuerdo al diseño planteado, inicia verificando los los instrumentos de recolección de datos planteados. Una vez los instrumentos están listos, el estudio de caso da inicio a su ejecución y el proceso de medición entra en funcionamiento en paralelo. El proceso bajo estudio no es intervenido en ninguno de los casos, estos se ejecutan de acuerdo a su definición y de acuerdo a las adaptaciones propias que el equipo determine como parte del contexto específico de la aplicación.



Figura 3. Patrón de Actividades para conducir y reportar un estudio de caso

- **Resultados del Estudio:** una vez concluido el caso, los resultados del estudio son consolidados y reportados, éstos son analizados para establecer la respuesta a la pregunta o la validez, bajo en el contexto del caso, de una hipótesis. A este punto el caso ha sido completado y por tanto puede completarse el reporte final y realizar su publicación como un reporte técnico. Dentro del análisis, las interacciones de colaboración establecidas son para determinar la reutilización de los Thinklets.

En los estudios de caso, las unidades de análisis se seleccionan intencionalmente y no corresponden a muestras de la población como en el caso de experimentos. De acuerdo a Benbasat [19], el propósito de la selección depende de lo que se busca encontrar, así se puede seleccionar un caso típico, uno crítico, uno revelatorio o único. Es importante que en la mayoría de los casos, en la práctica de la ingeniería de software, los casos se seleccionen de acuerdo a la disponibilidad. La selección del caso es fundamental para determinar la replicabilidad del estudio [18]. La Tabla 1 resume las características de cada estudio de caso dependiendo si éste busca extraer o evaluar el modelo colaborativo.

4. ESTUDIOS DE CASO UTILIZANDO CSACE

Para evaluar la propuesta, ésta fue aplicada a dos estudios de caso holísticos en contextos diferentes: uno para determinar y evaluar el proceso colaborativo de un equipo de desarrollo formado por niños y otro para determinar y evaluar el proceso colaborativo de un equipo de desarrollo trabajando con un enfoque ágil.

Tabla 1. Caracterización de los Estudios de Caso en CSACE

Actividad Aspecto	Extraer un Proceso Colaborativo	Evaluar el Proceso Colaborativo
Preguntas del caso	¿Cuáles interacciones son relevantes? y ¿cómo ocurren?	¿Alcanza el proceso cierto nivel para una propiedad?
Tipo de Caso	Exploratorio/ Descriptivo	Confirmatorio/ Descriptivo
Estrategia de Selección	Típico/Revelatorio/ Disponibile	Típico/Crítico/ Disponibile
Sujetos de investigación	Equipo/ Participante/ Proceso/Proyecto	Equipo/ Participante/ Proceso/Proyecto
Teoría	Prácticas, Métodos y Procesos Colaborativos Relacionados	El nuevo proceso colaboartivo
Indicadores y mediciones	Orientadas a la determinación de umbrales útiles a la selección de las interacciones claves	Orientadas a la confirmación de beneficio del proceso colaborativo definida en sus objetivos (normalmente efectividad y eficiencia).
Instrumentos	Protocolo de Observación Entrevistas Encuestas	Protocolo de observación. Repositorio del Proyecto.

4.1 Diseño de los Estudios de Caso

Ambos casos son de tipo descriptivo y embebido buscando mostrar el funcionamiento de las etapas de CSACE y su aplicabilidad en cada uno de los casos para lograr obtener las metas de los procesos colaborativos. Los procesos bajo diseño fueron seleccionados por su naturaleza de tipo colaborativa, por ser enfoques para el desarrollo de software y por la disponibilidad de su ejecución a través de una tesis de maestría y una tesis de pregrado.

La pregunta de investigación es ¿Es CSACE una guía útil para rescatar los aspectos colaborativos de un proceso, así como efectiva a su propósito? Para ello, CSACE fue definida y aplicada para la obtención y evaluación de dos modelos de proceso colaborativos en forma incremental. La tabla 2 presenta el detalle del diseño de la investigación definiendo los indicadores, métricas e instrumentos que finalmente fueron utilizados para su desarrollo.

4.2 Caso 1: Proceso ChildProgramming

ChildProgramming es un modelo de proceso para la enseñanza de la programación de software en niños a través de estrategias colaborativas [23], el cual siguió en enfoque CSACE en su construcción. El objetivo de este caso fue formalizar un modelo para soportar el desarrollo de software orientado a niños a partir de un conjunto de experiencias prácticas que reúnen dinámicas colaborativas y ágiles establecidos por los equipos de trabajo conformados por niños.

Tabla 2. Diseño de los Estudios de Caso en CSACE

Pregunta del caso	Indicadores	Métricas	Instrumentos
¿Es CSACE una guía útil para rescatar los aspectos colaborativos de un proceso, así como efectiva a su propósito?	Utilidad de la guía CSACE (Tareas utilizadas respecto al total de tareas de CSACE)	Tareas Utilizadas, Total de Tareas	Reporte Técnico del Estudio de Caso
	Efectividad (Promedio(AI))	Alcance del indicador en el caso.	

4.2.1 Estudios de Caso Exploratorios

En ChildProgramming se desarrollaron se siguió la estrategia CSACE a través de dos estudios de caso exploratorios y uno confirmatorio. El objetivo del primer estudio de caso fue determinar las prácticas colaborativas utilizados por los niños sin su intervención, determinando las estrategias ganadoras tanto en la organización, como en las dinámicas de equipos para alcanzar la solución a un problema. A partir del primer estudio de caso exploratorio se formuló un conjunto de prácticas extendido con la revisión de la literatura, en este caso se buscó evidenciar el impacto de las prácticas de colaboración, cognición y agilidad en los equipos de trabajo y seleccionar las que serían incorporadas como parte del modelo ChildProgramming. La Figura 4 presenta las principales prácticas que impactaron positivamente la productividad y calidad de los equipos.

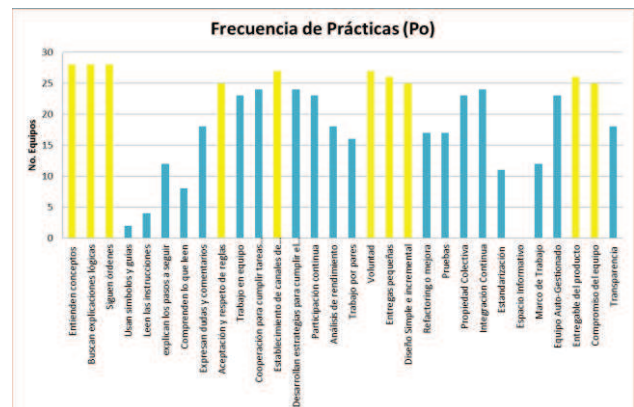


Figura 4. Prácticas colaborativas identificadas en primer estudio de caso exploratorio

4.2.2 El Modelo ChildProgramming

El modelo de proceso ChildProgramming es una propuesta que combina prácticas de tipo colaborativo y ágiles, para que los niños tengan un ambiente de aprendizaje basado en la programación de software en equipo. El ciclo de vida del proceso está basado en Scrum, las actividades principales han sido renombradas por los niños y las prácticas colaborativas han sido incorporadas como Thinklets. Su ciclo de vida las fases de Pre- Juego, Juego y Post-Juego. Una Ronda se compone de cuatro actividades principales llamadas Estaciones las cuales son: *Planear la Estrategia*, *Aplicar la Estrategia*, *Revisar la Estrategia* y *Analizar la Estrategia*. La planificación de la estrategia involucra definir las tareas y su priorización, el equipo delinea un diseño inicial para que les ayude a definir las tareas a través de las cuales afrontarán la misión. Durante la aplicación de la estrategia se acumulan la mayor cantidad de aportes para su desarrollo y es cuando se muestra el mayor índice de actividad evidenciando compromiso y participación activa de cada integrante del equipo de trabajo en la obtención de la misión.



Figura 5. Niños siguiendo el Proceso ChildProgramming

Durante la revisión de la estrategia se verifica el avance hacia el cumplimiento de la misión de tal forma que se logre evidenciar en el resultado. Los resultados de la revisión serán útiles para la planeación de la estrategia en la siguiente Ronda. Durante el análisis de la estrategia, el equipo de trabajo y el guía del equipo, reflexionan acerca de su trabajo como equipo, con el fin de ajustar la forma de trabajo. Cada una de las interacciones presentes en cada una de las descripciones de las actividades, fue clasificada de acuerdo al objetivo de la actividad, el patrón de colaboración y los roles involucrados. La Figura 6 muestra en detalle la primera actividad implementada reutilizando los Thinklets identificados para cubrir las necesidades de interacción de acuerdo a las prácticas identificadas en los estudios de caso previos.

4.2.3 Estudio de Caso Descriptivo

El estudio de caso descriptivo se desarrolló bajo las mismas condiciones en los estudios de caso exploratorios, pero buscando evaluar la aplicabilidad y beneficios de la propuesta. En esta

oportunidad se entregó a cada equipo el conjunto de prácticas ChildProgramming presentadas en la tabla 3 para ser aplicadas en un desarrollo de software práctico utilizando la herramienta de desarrollo Scratch. La Figura 5 presenta el trabajo con los equipos de niños trabajando con ChildProgramming.

Tabla 3. Actividades, Patrones de colaboración y Thinklets en ChildProgramming

Actividad	Patrón de Colaboración	Thinklets Reutilizados
Planear Estrategia	Patrón de reducción Patrón de Construcción y Consenso Patrón Organización	Strawpoll MoodRing RitchRelations
Aplicar Estrategia	Patrón de Evaluación Patrón de Construcción y Consenso Organización	Pin the Tail on the Donkey MoodRing RitchRelations
Revisar Estrategia	Patrón de Clarificación Patrón de Construcción y Consenso	Concentration MoodRing
Analizar Estrategia	Patrón de Reducción	Strawpoll

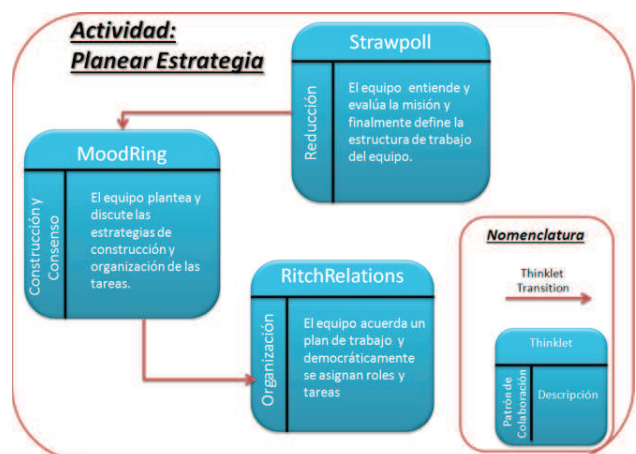


Figura 6. Diseño de la Actividad Planear Estrategia a través de Thinklets

Este estudio arrojó como resultado una aplicación satisfactoria de ChildProgramming, fue evidente la motivación constante de los niños en cada uno de sus equipos de trabajo. Los equipos de trabajo apropiaron las prácticas entregadas de forma positiva las cuales fueron reflejadas en el desarrollo de sus trabajos, fue notable como desempeñaron con agilidad el desarrollo de software en los equipos quienes se veían entregados, comprometidos y colaboradores entre sí para llegar al objetivo propuesto.

La efectividad de la colaboración en el proceso fue determinada a través del indicador de productividad en contraste con la adopción de las prácticas como se muestra en la Figura 7 que muestra que hay una tendencia que a mayor adopción de las prácticas, mayor productividad de los equipos.

4.3 . Estudio de Caso: XA

Programación Extrema con Arquitectura – XA, es un modelo de proceso de software orientado a la arquitectura que soportado bajo las reglas y principios ágiles [21], busca su escalabilidad a proyectos de mediana complejidad y equipos de mayor tamaño a 12 personas.

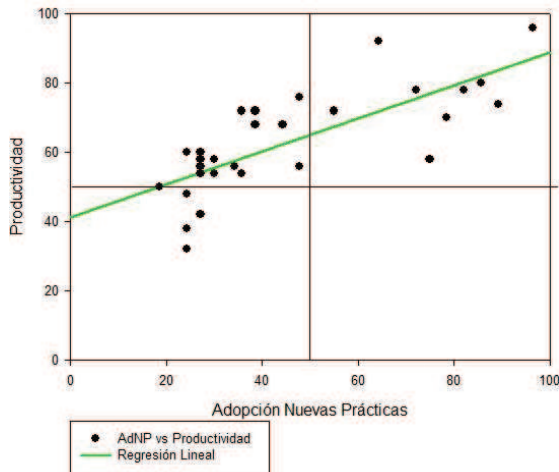


Figura 7. Productividad versus adopción de las prácticas ChildProgramming

XA introduce un equipo de arquitectura el cual combina las prácticas ágiles y métodos de arquitectura a través de un modelo colaborativo que facilita la coordinación de un conjunto de equipos de desarrollo, pequeños y satélites que trabajan independientemente con Extreme Programming - XP. El objetivo de los estudios de caso en XA fueron determinar y evaluar el modelo colaborativo respectivamente.

4.3.1 Estudio de Caso Exploratorio

El objetivo del estudio de caso exploratorio fue el de determinar los elementos de comunicación y colaboración inter-equipos de un gran equipo XP con Arquitectura. Una versión preliminar del proceso XA, sin la definición de la relación inter-grupos, fue aplicado a un grupo de 18 estudiantes de quinto año del programa de Ingeniería de Sistemas de la Fundación Universitaria de Popayán, en el marco de un laboratorio de ingeniería de software, donde los estudiantes deben realizar el desarrollo de una aplicación a gran escala.

Para la aplicación de XA, los estudiantes recibieron una capacitación inicial de 12 horas incluyendo temas de programación extrema, arquitecturas de software, métodos de arquitectura y XP con arquitectura (XA) versión global. El proyecto se desarrolló en clases con sesiones de 4 horas cubriendo un total de 48 horas de desarrollo. Los estudiantes se auto-organizaron en 3 equipos XP de 6 integrantes, cada equipo escogió su representante cliente/arquitecto ante XA. El equipo XA fue organizado por los tres representantes de los equipos XP. En la dinámica del proyecto, mientras XA se reunió con el cliente del proyecto, los equipos XP organizaron sus radiadores de información (carteleros) en un sitio visible para todos. En todas

las sesiones (12) de 4 horas cada una, se desarrolló al comienzo una reunión de 15 minutos entre el cliente y el equipo XA para recibir retroalimentación del cliente debido a que no se contaría con su participación presencial por el resto de la sesión. Sin embargo, el cliente tuvo un compromiso muy alto, estuvo disponible dentro de la institución y participó activamente en el desarrollo de los requisitos. Además los equipos XA y XP siguieron las prácticas de planificación de iteración y del trabajo diario de acuerdo a lo establecido por XP y XA. En este estudio de caso se identificaron las estrategias de colaboración inter-grupo que debían ser incorporadas en XA:

- El equipo XA es cliente de cada equipo XP, por tanto un miembro del equipo XA trabaja colaborativamente como parte de un equipo XP y como parte del equipo XP. Los representantes del equipo XA deben no solamente ser el elemento de conexión entre el equipo de arquitectura y los equipos XP, sino que deben ser los dinamizadores y motivadores del equipo. Así que este tipo de interacciones comunes se identificaron como factores claves para alcanzar el éxito del proyecto.
- La comunicación entre el equipo XA y los equipos XP, debe ser muy clara y coherente. Los miembros del equipo XA deben conocer claramente los objetivos del proyecto y los requisitos de negocio del cliente, por lo que se requieren interacciones colaborativas para la discusión y alcance de acuerdos entre las partes.
- Al final de cada iteración, hubo un nuevo conocimiento (valor agregado) aprendido por cada miembro de los equipos. Los miembros del equipo XA comprendieron su papel para lograr la integridad del modelo colaborativo, en generar las historias de arquitecto como mecanismos para el establecimiento de los requisitos de todos los equipos XP. Las prácticas de arquitectura deben quedar por tanto envueltas en interacciones de colaboración relacionadas con la construcción y evaluación de conceptos.

4.3.2 El Modelo XA

XA fue definida como una metodología ágil sostenida por los valores y principios propios de la programación extrema (XP), que agrega algunas prácticas de arquitectura, cuyo objeto primordial de hacer usable XP en proyectos de mediana complejidad y con equipos mucho más grandes donde ha tenido dificultades para escalar [20]. XA se basa en un gran equipo del proyecto descompuesto por un conjunto de equipos XP más pequeños alrededor de un equipo de arquitectura XA donde las dinámicas colaborativas del modelo XA son una combinación de las dinámicas colaborativas presentes en estos grupos y sus interrelaciones. La descripción de este modelo colaborativo parte de las prácticas y valores de XP y estas trascienden a la dinámica intra-grupo del equipo de arquitectura y a la dinámica inter-grupo del equipo completo. Para XA son muy importantes los 4 valores propuestos por el manifiesto ágil [21], y además XA propone un nuevo valor que forma parte de los pilares que facilitan una adecuada aplicabilidad del modelo: la colaboración inter-equipos. Por tanto, la colaboración dentro de XA viene dada por los siguientes valores esenciales: organización de equipos XP de canales de colaboración entre los equipos, facilitar la comunicación entre los equipos, colaboración para la simplicidad en los diseños y en las arquitecturas, y la retroalimentación como

actividad colaborativa. Para cubrir las necesidades de cada valor, a través de patrones de colaboración y Thinklets, las interacciones fueron analizadas y evaluadas en función de la reutilización de los patrones de colaboración como se muestra en la Tabla 4. La Figura 8 muestra el detalle del diseño del proceso para el valor de organización de equipos XP y los canales de colaboración.

Tabla 4. Valores, Patrones de colaboración y Thinklets en XA

Valor	Patrón de Colaboración	Thinklets Reutilizados
La organización de equipos XP y los canales de colaboración	Organización	RitchRelations
La comunicación inter-equipos	Organización	RitchRelations
Colaboración alrededor de la simplicidad	Clarificación Construcción y Consenso	Concentration MoodRing
La retroalimentación como actividad colaborativa	Reducción Construcción y Consenso	Strawpoll MoodRing

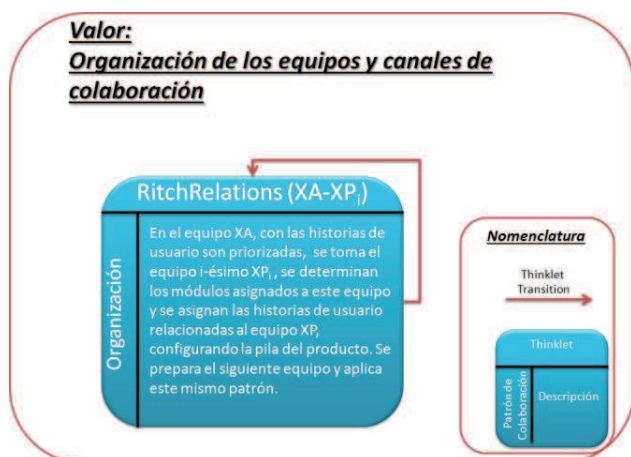


Figura 8. El thinklet RichRelations para alcanzar la organización de los equipos y los canales de colaboración

Tabla 5. Evaluación de la efectividad del proceso colaborativo en dos proyectos de software

Indicador	Proyecto A	Proyecto B
Nivel de Aceptación de XA	100%	100%
Nivel de Participación del Cliente	95%	97%
Nivel de conformidad del producto	70%	87%
Satisfacción de los requisitos	95%	97%
Productividad de los equipos XP	0.010 HUPH ¹	0.017 HUPH
Productividad de los equipos XA	0.007 HAPH ²	0.018 HAPH
Adherencia al método XA	82%	93%

4.3.3 Estudio de Caso Descriptivo

¹ HUPH – Historias de Usuario por Persona Hora

² HAPH – Historias de Arquitectura Por Persona Hora

El caso descriptivo se desarrolló en forma similar al caso exploratorio, ahora aplicando el proceso colaborativo especificado, en este caso el estudio fue embebido con dos unidades de análisis: dos proyectos de desarrollo. La pregunta de interés fue evaluar la efectividad del modelo XA propuesto, el cual incluye los aspectos de colaboración. Particularmente se partió de la efectividad de la colaboración en los equipos XP, la cual está demostrada para equipos pequeños.

Los resultados del caso permitieron confirmar en forma preliminar la hipótesis de que la productividad de los equipos XA y la calidad, mantendría el orden de productividad y de calidad de los equipos XP reportados por la literatura como se expresa en la Tabla 5.

4.4 Resultados de los Estudios de Caso

La aplicación del método CSACE, es una experiencia que permite desarrollar la investigación sobre los procesos colaborativos basada en la evidencia empírica, más allá de hallazgos no sistemáticos de información acerca de la colaboración. Los estudios de caso resultaron relativamente útiles en la fase exploratoria, pero también en la fase evaluativa. Además, la fase de diseño se vio alimentada por información estructurada en forma de patrones de colaboración y Thinklets que facilitaron la especificación y comunicación del proceso. La Tabla 5 presenta los resultados en forma de indicadores cuantitativos que respaldan que al menos para estos dos estudios de caso la efectividad fue alta, mientras en términos de utilidad, fue mucho más evidente en el caso ChildProgramming que en el caso de XA. Esto fue particularmente debido a que en ChildProgramming se pudo enlazar el ciclo de vida con los Thinklets mientras en el caso de XA, las necesidades estaban orientadas a los valores y no a puntos determinados del proceso debido a que este no es prescriptivo por su naturaleza ágil.

Tabla 6. Indicadores resultantes en la Aplicación del Estudio de Caso

Indicador	Resultados de ChildProgramming	Resultados del Caso XA
Utilidad de la guía CSACE.	97%	78%
Efectividad en el alcance de los indicadores.	93%	91%
Referencias de los Reportes del Caso	Cruz et al. [23]	Muñoz y Hurtado [22]

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los estudios de caso en el marco del método CSACE han permitido fortalecer el análisis y evaluación de dos procesos colaborativos desde un enfoque empírico, siendo por tanto un método que basado en evidencia facilita la construcción incremental de procesos de tipo colaborativo. Para evaluar CSACE, fue usado el enfoque de los estudios de caso, un método de investigación conocido y aceptado dentro de la comunidad científica de la ingeniería de software. Determinar las interacciones de comunicación y colaboración, así como evaluar su efectividad, es el principal aporte de CSACE. Aunque el

método ha surgido desde su aplicación empírica, aún debe ser refinado en términos de artefactos, tareas, roles y descripción explícita. Además, es importante refinar en forma de técnicas, la forma de relacionar interacciones, colaboraciones, patrones de colaboración y Thinklets, debido a que en estos casos, esto se realizó en forma ad-hoc a través de la comparación de las colaboraciones reales resultantes y las expresadas por los patrones de colaboración y Thinklets. Como trabajo futuro se espera liberar el método acompañado de elementos técnicos que faciliten una mejor replicabilidad, así como una evaluación más extendida que permita incrementalmente una mayor rigurosidad en su aplicación para lograr un mayor respaldo como método de análisis, de evaluación y de investigación en la ingeniería de la colaboración.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto “Red Iberoamericana de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos” 513RT0481, financiado por CYTED.

REFERENCIAS

- [1] Soller, A., and Lesgold, A. Knowledge Acquisition for Adaptive Collaborative Learning Environments. AAAI Fall Symposium: Learning How to Do Things, Cape Cod, MA, 2000.
- [2] Cakir, M. P., Zemel, A., & Stahl, G. (2009). The joint organization of interaction within a multimodal CSCL medium. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4 (2), 155-190.
- [3] Arvaja, M., Salovaara, H., Häkkinen, P. y Järvelä, S. Combining individual and group-level perspectives for studying collaborative knowledge construction in context. *Learning and Instruction*, 17, 448-459, 2007.
- [4] Barros, B. & Verdejo, M. F., An approach to analyze collaboration when shared structured workspaces are used for carrying out group learning processes. Technical Report, 1999.
- [5] Lajoie, Susanne P. and Martial Vivet: Proc. of the World Conference on Artificial Intelligence in Education AI-ED 99, 449-456, Amsterdam, IOS Press, 1999.
- [6] Garrison, D. y Anderson, El e-learning en el siglo XXI: investigación y práctica. Barcelona Octaedro (Eds). 2005.
- [7] Katz, S. The Cognitive Skill of Coaching Collaboration. Proceedings CSCL'99, Hoadley & J. Roschelle (Eds.) Dec. 12-15, Stanford University, Palo Alto, California, 1999.
- [8] Muhlenbrock, M., Hoppe, U. Computer Supported Interaction Analysis of Group Problem Solving. Hosadley & Roschelle (Eds.), Proc. of CSCL'99, pp.398-405, 1999.
- [9] Casanova, M. Aprendizaje Cooperativo en un Contexto Virtual Universitario de Comunicación Asincrónica: Un estudio sobre el proceso de interacción entre iguales a través del análisis del discurso. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Biblioteca de Comunicaciones. 2008.
- [10] Collazos C, Guerrero L.A., Pino J., Renzi S., Klobas J., Ortega M., Redondo M.A., Bravo C.. Evaluating Collaborative Learning Processes using System-based Measurement. *Journal of Educational Technology & Society*, Vol.10, No.3, April 2007, pp. 257-274.
- [11] Mercer N., Littleton K., Wegerif R.. Methods for Studying the Processes of Interaction and Collaborative Activity in Computer-based Educational Activities. Technical Report. The Open University, Milton Keynes, United Kingdom
- [12] G. Kolfshoten, G., Briggs, R., Appelman, J., and Vreede, G., Thinklets as Building Blocks for Collaboration Processes: A further Conceptualization, CRIWG 2004, LNCS 3198, pp.137-152, 2004.
- [13] Nunamaker, J.F. Jr., Briggs, R.O., Vreede, G.J. de, From Information Technology To Value Creation Technology”, in: Dickson, G.W., DeSanctis, G. (eds). *Information Technology and the Future Enterprise*, New York: Prentice-Hall 2001.
- [14] Gert-Jan de Vreede, Robert O. Briggs, "Collaboration Engineering: Designing Repeatable Processes for High-Value Collaborative Tasks," *hicss*, p. 17c, Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 1, 2005.
- [15] Briggs, R.O., Vreede, G.J. de, Nunamaker, J.F.: David T.H., Thinklets: Achieving Predictable, Repeatable Patterns Of Group Interaction With Group Support Systems (GSS), Proceedings Of The 34th Hawaii International Conference On System Sciences, 2001.
- [16] Kolfshoten, G.L., Appelman, J.H., Briggs, R.O., Vreede, G.J. de: Recurring Patterns Of Facilitation Interventions In GSS Sessions, Proceedings Of The 37th Hawaiian Internal Conference On System Sciences, Los Alamitos, IEEE Computer Society Press, 2004.
- [17] Runeson, P., & Höst, M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. D. Sjoberg, Eds. *Empirical Software Engineering*, 131-164.
- [18] Yin, R.K. Case study research. Design and methods, 3rd edn. London, Sage. 2003.
- [19] Benbasat I, Goldstein DK, Mead M (1987) The case research strategy in studies of information systems. *MIS Q* 11(3):369–386.
- [20] R. L. Nord, Tomayko, and J. E., “Software Architecture-Centric Methods and Agile Development,” *IEEE Software*, vol. 23, no. 2, pp. 47–53, 2006.
- [21] K. Beck and C. Andres, *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (2nd Edition). Addison-Wesley Professional, 2004.
- [22] Munoz, L.F.; Alegría, J.A.H., "XA: An XP extension for supporting architecture practices," *Computing Congress (CCC)*, 2012 7th Colombian, pp.1,6, 1-5, 2012.
- [23] Cruz, S.T.; Rojas, O.E.; Hurtado, J.A.; Collazos, C.A., "ChildProgramming process: A software development model for kids," *Computing Colombian Conference (8CCC)*, 2013 8th, pp.1,6, 21-23, 2013.
- [24] Cheng, X., Li, Z., Li, J.. Understanding Collaboration Process Design in CSCL: A Case Study in a PG Environment. *Journal of Software*, North America, 8, 2013.
- [25] Basili, V. GQM approach has evolved to include models. *IEEE Software*. Vol. 11, pgs 1, 8. 1994

Un Modelo Arquitectónico para la Producción Colaborativa de Contenidos Digitales en Alfabetización Digital

¹José Eder Guzmán Mendoza Fco. Javier Álvarez Rodríguez Cesar Alberto Collazo Ordoñez
²Jaime Muñoz Arteaga Universidad Autónoma de Universidad del Cauca
Universidad Autónoma de Aguascalientes Dpto. De Sistemas.
Aguascalientes Av. Universidad #940 FIET – Sector Tulcan, Popayán
Av. Universidad #940 C.P. 20131 +57-282-09800 Ext. 2133
C.P. 20131 +52 (449) 910 7400 ccollazo@unicauca.edu.co
+52 (449) 910 7400 fjalvar@correo.uaa.mx
¹mitc.eder@gmail.com
²jmauaa@gmail.com

RESUMEN

Alcanzar una sociedad del conocimiento implica superar primero el problema de la brecha digital. Superar la brecha digital implica atender tres grandes factores: infraestructura, alfabetización digital y contenidos. En este artículo se presenta un modelo arquitectónico que busca atender la brecha digital desde los factores de alfabetización digital y la creación de contenidos digitales desde un enfoque de trabajo colaborativo. El modelo propuesto se basa en una estrategia que combina el trabajo colaborativo y la producción de contenidos digitales para facilitar la adquisición de competencias digitales a usuarios diferenciados. Por último, se presenta un caso de estudio de la aplicación del modelo dentro del programa CONET de alfabetización digital.

ABSTRACT

To achieve a knowledge society involves first overcome the problem of the digital divide. Overcoming the digital divide involves addressing three factors: infrastructure, digital literacy and content. This article describes an architectural model that addresses the digital divide from the factors digital literacy and digital content creation from the perspective of collaborative work. The proposed model is based on a strategy that combines collaborative work and the content digital production to facilitate the acquisition of digital skills to differentiated users. Finally, we present a study case where the proposed model is applied within the CONET program of digital literacy.

Categories and Subject Descriptors

Collaborative Systems (CSCW/CSCL)

General Terms

Management, Documentation, Performance, Design, Human Factors.

Keywords

Producción de Contenidos, Trabajo Colaborativo, Alfabetización Digital, Tareas de Usuario.

1. INTRODUCTION

En la actualidad, varios países han adoptado los cambios que han llevado a lo que se conoce como "Sociedad del Conocimiento", la cual implica una serie de transformaciones en la población. Estas

transformaciones son impulsadas y apoyadas en las nuevas tecnologías para crear, transmitir y difundir información, y producto directo, que es el conocimiento.

En este sentido, es deseable alcanzar una sociedad del conocimiento donde la inclusión de los individuos en la generación de conocimiento puede ser total, por lo que las sociedades del conocimiento son fuentes de desarrollo para todos y no para unos pocos. Sin embargo, la diferencia en el acceso y uso de la tecnología ha creado una nueva forma de exclusión, denominada "brecha digital", que pueden impedir el desarrollo económico y humano, y ampliar la brecha entre regiones y países (brecha digital internacional) ya los grupos de ciudadanos en una sociedad (brecha digital doméstica) [1]. La brecha digital no sólo se limita a un problema tecnológico, es un problema social y educativo. La brecha digital debe entenderse en tres conceptos principales: el acceso, la educación y el contenido de las TIC [2].

Sin embargo, atender el problema de brecha digital, requiere primero atender el problema de la educación TIC, conocida como "alfabetización digital" y el problema de la producción de los "contenidos", para la capacitación en TIC.

Para construir una sociedad del conocimiento es necesario tener la capacidad de crear información y conocimientos, así como para acumular y distribuir, y debe haber la capacidad social de su uso [1]. Lo ideal es que el motor de la generación de riqueza en esta sociedad es el conocimiento, que constituye el principal factor de desarrollo y el bienestar humano. Por lo tanto, entrar en la sociedad del conocimiento permitirá acceder a otros niveles de bienestar y el progreso social.

En la sociedad del conocimiento, el hombre ha visto la necesidad de adaptarse a una era de cambios tecnológicos y sociales durante el último siglo. Esta sociedad contemporánea la intención de que los ciudadanos pudieran ser autónomo y dueños de sus propias ideas, generadores de transformaciones y conocimientos para fomentar el progreso de la ciencia, la tecnología de la información, la cultura y otros campos [2]. La alfabetización digital es un conjunto de habilidades que se enseñan con el fin de identificar y encontrar la información necesaria para resolver un problema [3]. En este sentido, al ser una cultura digital implica el desarrollo de los conocimientos y habilidades relacionadas con las TIC y el desarrollo de valores y actitudes sociales y políticas en relación a la tecnología [4].

Uno de los objetivos básicos que persigue el uso del trabajo colaborativo es promover una formación que facilite dicho trabajo a partir del intercambio de ideas y acciones de los miembros que participan en el proceso de la gestión de la organización, incluida la promoción de ideas, actividades de capacitación y propuestas para la acción [5].

Hoy, con la amplia variedad de herramientas disponibles en la Web 2.0, permite a un grupo de personas, comunidades virtuales, incluso las instituciones educativas y empresas trabajar en colaboración con el fin de crear contenido digital en una escala masiva y sistemática. Con el auge de las herramientas de la Web 2.0, se puede utilizar la colaboración que estas permiten para crear un modelo que pueda ser utilizado para la producción colaborativa de contenidos digitales que puedan ser consumidos por diferentes usuarios finales, tales como adultos mayores, indígenas, profesionales, niños, etc., y de esta manera contribuir a reducir la brecha digital.

Sin embargo, en la literatura revisada no se han encontrado modelos y/o metodologías para la producción colaborativa de contenidos que contemplen el uso de diversas herramientas Web 2.0 soportadas por un trabajo colaborativo a partir de la definición de diversos roles –usuarios diferenciados-. Algunos sistemas proporcionan plataformas de colaboración y están limitados en relación con las tareas que los usuarios deben realizar, creando obstáculos para el trabajo colaborativo. También queremos mencionar que estos sistemas requieren que los usuarios dispongan de competencias específicas para su manejo.

Paralelamente, no hay una herramienta libre que permita llevar a cabo toda una metodología o proceso de creación colaborativa de contenidos digitales. Por lo que se hacen necesarias diferentes herramientas libres que mediante su combinación se pueda llevar toda una metodología o proceso para la producción colaborativa de contenidos digitales.

En este trabajo se propone un modelo arquitectónico para la producción colaborativa de contenidos, de modo que cualquier usuario con diferentes niveles de competencias digitales puede colaborar y producir contenidos y al mismo tiempo aumentar su nivel de competencias digitales hasta llegar al nivel avanzado para ser considerado como un individuo digital.

En este sentido, el trabajo que se presenta a continuación hace énfasis en cuatro contribuciones: 1) se expone un proceso que permite producir contenidos digitales de manera colaborativa; 2) el proceso de producción al estar basado en trabajo colaborativo, requiere de la definición de diversos roles y tareas de usuario a ser desempeñadas, así se proponen los roles y tareas de usuario que intervienen en el proceso de producción colaborativa de contenidos; 3) En el Internet se pueden encontrar un gran número de aplicaciones para la creación de contenidos, sin embargo, algunas de estas aplicaciones no ofrecen interfaces de usuario colaborativas. Tienen que ser sencillas para usuarios que apenas tienen competencias digitales básicas, por tal motivo, aquí se exponen algunas aplicaciones que pueden soportar el modelo

propuesto 4) los contenidos al ser diseñados y creados por diversos usuarios, permite agregar rasgos multiculturales en los contenidos digitales. Esto permite a los contenidos digitales producidos ser aplicados en diversos contextos culturales.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Los procesos de colaboración se contemplan como una característica clave del aprendizaje. Los expertos han denominado a este paradigma educativo como Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador, cuyo acrónimo es CSCL (Computer Supported Collaborative Learning). El CSCL se basa en el uso de la tecnología como una herramienta de mediación dentro de los métodos colaborativos para la instrucción. Así el CSCL es visto como una herramienta que permite a los educadores desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje constructivista, abarcando el diálogo y la interacción social entre los miembros del grupo entre estudiantes y docentes geográficamente dispersos. Estudios como [6] han analizado la percepción de los estudiantes con fin de ofrecer evidencias de como la construcción colaborativa desde un proyecto digital facilita la adquisición de las competencias digitales. Para esto, los autores abordan un planteamiento metodológico. Otros autores como [7] afirma que el papel del alumnado ha sufrido cambios hacia una participación activa en la creación de contenidos educativos potenciada por la denominada web 2.0. La web 2.0 incorpora la tecnología, el conocimiento y los usuarios como aspectos esenciales y se caracteriza por la creación colectiva de contenidos, el establecimiento de recursos compartidos y el control de la calidad de forma colaborativa entre usuarios [8], adoptando un rol activo de consumidor y/o productor.

3. MODELO ARQUITECTONICO PARA LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA DE CONTENIDOS DIGITALES EN ALFABETIZACIÓN DIGITAL

Servon [9] dice que el problema de la brecha digital puede ser entendida como tres problemas: problemas de infraestructura, problema de la alfabetización digital y el problema de contenidos. Este trabajo está enfocado en resolver la problemática tanto de la alfabetización digital como la problemática de los contenidos desde una sola estrategia para reducir la brecha digital. La estrategia consiste en asociar la producción colaborativa de contenidos digitales y la adquisición de las competencias digitales.

En la figura 1 se puede apreciar el modelo arquitectónico propuesto que consta de 6 capas: 1) Capa de roles (productores de contenidos); 2) Capa de aplicaciones para el trabajo colaborativo; 3) Capa de proceso de producción colaborativa de contenidos; 4) Capa de almacenamiento de contenidos; 5) capa de usuarios diferenciados (consumidores) y por último, 6) la capa de alfabetización digital.

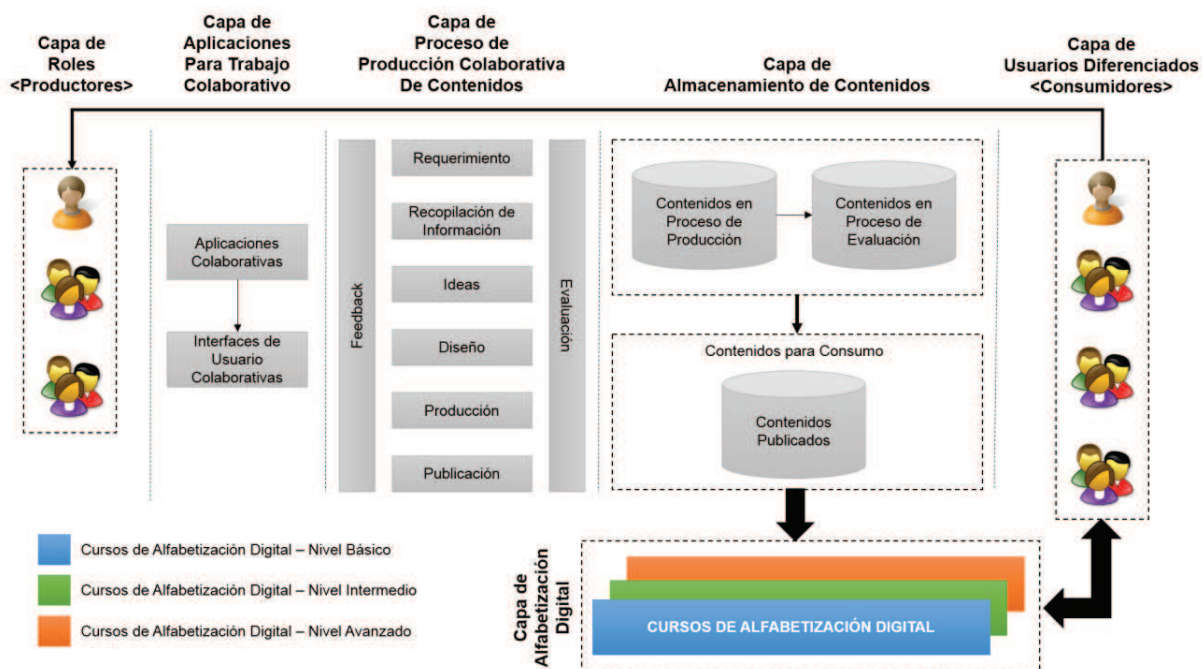


Figura 1. Modelo Arquitectónico para la Producción Colaborativa de Contenidos Digitales.

Así, nuestra contribución al tema de la reducción de la brecha digital es en relación con el modelo arquitectónico basado en las diferentes plataformas y herramientas tecnológicas existentes que permitan apoyar el trabajo colaborativo de un grupo de usuarios (con diferentes habilidades) para la producción de contenidos digitales.

Como hemos mencionado, muchas plataformas y herramientas abiertas están disponibles en la Web 2.0, y por su facilidad de uso, estas plataformas alientan las tareas del usuario a través de interfaces para entornos de trabajo colaborativos. Para aprovechar estas plataformas abiertas.

En las siguientes secciones, se describen cada una de las capas. Posteriormente se describe la estrategia que combina el trabajo colaborativo y la producción de contenidos para desarrollar en cualquier individuo las competencias digitales y lograr su alfabetización digital.

Capa de Roles (Productores de contenidos)

Los contenidos digitales abiertos se caracterizan por la integración de conjuntos de información multimodal, por una organización y sentido propio, por su publicación en la red mediante aplicaciones sociales que permiten a los usuarios, modificar, reutilizar, combinar, hacer comentarios, recomendaciones, seleccionar, registrar, y cualquier otra operación de re-construcción o remezcla por adición, supresión, yuxtaposición y combinación.

Los nuevos modelos de participación a través de los contenidos digitales abiertos extiende sus cualidades al tiempo que introduce nuevos y determinantes factores: el protagonismo de la creación individual; el intercambio social como instrumento de difusión de contenidos, ideas y cultura; una globalización específica de lo digital y diferenciada de la geopolítica y de la economía; o una oferta casi infinita de herramientas accesibles y de bajo o nulo coste para la producción audiovisual y su difusión a través de la Red.

Según los estudios de Manovich “aproximadamente un 70% del universo digital está creado por individuos”. Así se destaca la participación social en la producción de los contenidos.

Sin embargo, un sólo individuo no es capaz de crear contenidos digitales de gran calidad e impacto sin prevenir aspectos importantes como los tecnológicos, y aún más importante, los aspectos pedagógicos, los cuales son muy relevantes dentro de un contexto de alfabetización digital. Para asegurar la calidad de los contenidos en aspectos técnicos y pedagógicos, y así lograr la inclusión de la gente en la producción de contenidos es importante tener funciones claramente definidas en un equipo polivalente. En la Tabla 1 se muestran las tareas que se realizan por diversos roles identificados para la producción colaborativa de contenidos.

Tabla 1. Roles y tareas para la producción de contenidos

Role	Tarea del usuario
Productor de contenido	Este papel representa a una persona o un grupo de personas que utiliza diversas herramientas para producir contenidos sobre un tema específico.
Generador de Ideas	Esta persona (o grupo de personas) identifica el panorama general del proyecto, lleva a los demás hacia el objetivo principal, y mantiene el impulso del proyecto de seguir adelante.
Revisor de Contenidos	Esta función se encarga de revisar el contenido sobre un tema. Entonces, esta persona (o grupo) deben trabajar en estrecha relación con el organizador de contenido, proponiendo las modificaciones apropiadas.
Revisor Técnico	Este papel tiene la función de comprobación de todos los aspectos técnicos de los contenidos, por ejemplo, comprueba la coherencia de los enlaces, revisar la edición de fórmulas, etc.

Revisor Pedagógico	Esta persona se asegura de que la organización de los contenidos tiene sentido desde un punto de vista pedagógico, por lo tanto, trabaja en estrecha colaboración con el organizador de contenido con el fin de notificar a falta de contenido, o para señalar algunos de los elementos que deben ser investigados más profundamente.
Organizador de Contenido	Es una persona capaz de guiar la creación de un contenido, que tiene ideas claras en el currículo necesita mientras que proporciona retroalimentación rápida sobre todos los aspectos del contenido. Además, el organizador de contenido propone la tabla de contenido y definirá la estrategia de producción colaborativa en el grupo.
Organizador del grupo	Este papel es vital a fin de organizar el equipo que trabaja en el proyecto. La persona a cargo de esta función debe caracterizarse por diversas competencias como la gestión de proyectos, buenas relaciones sociales, la experiencia en el ámbito de la colaboración y los conocimientos básicos en relación con el tema del contenido.

Capa de aplicaciones para el trabajo colaborativo.

En esta capa se encuentran las aplicaciones colaborativas y las interfaces de usuario colaborativas. La capa de colaboración proporciona aplicaciones e interfaces de usuario capaces de soportar las tareas definidas en la capa de roles en un entorno de colaboración para la producción de contenidos. Actualmente, existen un gran número de aplicaciones que están disponibles en la Web 2.0, y que son accesibles desde cualquier dispositivo, en cualquier momento y desde cualquier lugar. Estas cualidades que ofrece la Web 2.0 favorecen un trabajo colaborativo para que los usuarios puedan llevar a cabo tareas similares que son más fáciles de entender e interactuar, y que, en consecuencia, aumentar la eficiencia, la productividad y la aceptación, y así se reduce la necesidad de formación para su uso [15].

Aplicaciones Colaborativas. Las aplicaciones de colaboración sirven para combinar diferentes tareas para proporcionar a los usuarios las funcionalidades que permiten realizar las tareas de colaboración a través de la interfaz de usuario. Además, estas aplicaciones soportan diferentes modelos para la colaboración entre los usuarios: asíncrono, síncrono, multi-síncrona, local, distribuida, etc. Así, las aplicaciones colaborativas permiten a los roles realizar sus tareas en términos de interfaces de usuario para los productores de contenidos. Las aplicaciones colaborativas deben estar abiertas a diferentes marcos de trabajo para la producción de contenidos, es decir, deben de ser capaces de soportar diferentes enfoques de diseño colaborativo mediante la combinación de diferentes interfaces de usuario.

Interfaces de Usuario Colaborativas. Las interfaces colaborativas son responsables de proporcionar dinamismo al proceso de producción y, además, establecer una metodología que facilita las tareas de los usuarios.

En la tabla 2 se mencionan algunas herramientas identificadas en la web 2.0 que permiten el trabajo colaborativo para la producción de contenidos a lo largo del proceso de producción a través de las interfaces de usuario colaborativas de aplicaciones abiertas.

Tabla 2. Aplicaciones abiertas para apoyar a la interfaz de usuario para las tareas de colaboración.

Proceso	Aplicaciones Colaborativas
Recopilación de Información	Google, Scoop, Slideshare, youtube, ZonaClic.
Ideas	Mindmeister, symbaloo, realtimeboard, MeetingBurner, Google Calendar, Bubbl.us
Diseño	Dropbox, Google Drive, Connexions, realtimeboard, Docuter
Producción	Moodle, Educaplay, BookType, Connexions, Wix, Constructor, Cuadernia, Exelearning
Publicación	Slideshare, Moodle, BookType, Wix, Scoop it
FeedBack	Realtimeboard, MeetingBurner, skype, Wikispaces, Moodle
Evaluación	Realtimeboard, Google Docs, OpenSchool ePortfolio

Capa de proceso de producción colaborativa de contenidos

Esta capa es la más importante del modelo, en ella están contenidos los aspectos dinámicos, es decir, las tareas colaborativas que ejecutan los usuarios, y es dinámico por que la colaboración se puede realizar de manera síncrona y asíncrona, debido al soporte tecnológico que ofrecen las aplicaciones colaborativas al proceso. El proceso colaborativo para la creación de contenidos explica la manera en que los usuarios interactúan entre iguales mediante las aplicaciones colaborativas y el trabajo en grupo. Así, esta capa describe el flujo de trabajo y las tareas de usuario para la producción de contenido.

Las especificaciones dinámicas de esta capa pueden ser diseñadas a niveles más complejos para describir las diferentes interacciones que se llevan a cabo en la producción colaborativa de contenidos. Este dinamismo en grupo puede ser especificados a través de redes de Petri, State chart, BPM, etc.

Capa de almacenamiento de contenidos

En esta capa se alojan los contenidos en tres niveles de producción:

1. *Los contenidos en proceso de producción:* Estos contenidos se encuentran en diferentes versiones de producción no terminados.
2. *Los contenidos en proceso de evaluación:* son los contenidos que han logrado alcanzar una versión terminada en la fase de producción, es decir, son un primer prototipo del contenido. Estos contenidos son evaluados tanto en aspectos técnicos como en aspectos pedagógicos, mediante diferentes artefactos, como los checklists. La evaluación genera una serie de observaciones a manera de feedback para que los contenidos puedan ser mejorados ya sea en los aspectos pedagógicos o tecnológicos.
3. *Los contenidos publicados (para consumo):* Estos contenidos que ya han superado las diversas evaluaciones y han cumplido con los requerimientos de los usuarios, pasan a ser parte del consumo. Estos contenidos tienen diversas utilidades y finalidades: para crear cursos y programas de alfabetización digital en niveles básicos, intermedios y avanzados, para formar parte de un Objeto de Aprendizaje

(OA) para apoyar la exploración y la investigación de las ideas de las TIC y ayudar a la comprensión conceptual [10], o para ser consumidos individualmente como un servicio de contenidos a través de Internet, que permite dar soporte a entornos de aprendizaje colaborativo en ambientes formales e informales [11].

Capa de Usuarios Diferenciados (Consumidores)

Una población de individuos puede segmentarse en diversos estratos más homogéneos tomando la similitud de ciertos rasgos y características. El modelo está pensado para favorecer a segmentos de usuarios diferenciados, especialmente en los segmentos más vulnerables que en virtud de su edad, género, condición económica, social, geográfica, características físicas, circunstancias políticas y culturales, etc., pueden encontrar mayores obstáculos en el uso, acceso y apropiación a las TIC. Algunos grupos de usuarios diferenciados pueden ser: personas con diferentes niveles de educación, desempleados, amas de casa, adultos mayores, niños y jóvenes, personas de escasos recursos económicos, comunidades rurales e indígenas, pequeñas y medianas empresas, etc.

Cada individuo o grupo de individuos percibe las TIC de manera diferente, y las utiliza para diferentes propósitos por lo que su uso está determinado en relación al nivel de competencias que poseen.

Por tal motivo, un contenido debe adaptarse a las características del usuario. Por ejemplo, un contenido que explique el manejo del procesador de palabras tiene que existir una versión para ser consumido por un adolescente, otra versión para un adulto mayor, otra versión para una comunidad indígena.

Capa de Alfabetización Digital

La tecnología se percibe diferente por cada segmento social. Partiendo de esta premisa, los cursos de alfabetización digital deben ser diseñados a partir de las características y necesidades específicas de un segmento de población. De tal manera que, la clave para desarrollar cursos de alfabetización digital que puedan ser implementados en usuarios o segmentos de usuarios con necesidades diferentes se centra en lograr producir una gran cantidad de contenidos diferenciados que faciliten la adquisición de competencias digitales.

De esta manera, con una diversidad de contenidos, se puede diseñar un curso de nivel básico que cubra las necesidades de un adulto mayor, otro curso nivel básico que atienda a amas de casa, etc.

3.1 Estrategia de producción colaborativa de contenidos y adquisición de competencias digitales

Para producir un contenido, un usuario debe poseer habilidades y competencias digitales, al menos en un nivel básico para ser capaz de realizar una variedad de tareas para la producción colaborativa de contenidos.

Esta situación deriva otro problema, se necesita proporcionar formación a los individuos en el uso de las TIC, esto se conoce como la alfabetización digital. La alfabetización digital se refiere a la adquisición de algunos conocimientos técnicos en el manejo de las TIC. La competencia digital se refiere al conocimiento de lo que la tecnología es, cómo funciona, para qué sirve, y cómo puede ser utilizado para alcanzar objetivos específicos. También se asocia a la habilidad y capacidad de reconocer la necesidad de información en particular y saber cómo localizar, evaluar,

seleccionar, resumir y utilizar la información de manera efectiva [1].

Por otra parte, los ambientes de aprendizaje colaborativo permiten proporcionar espacios que ayudan en el desarrollo de habilidades individuales y grupales entre los usuarios en la exploración de nuevos conceptos, cada uno responsable de su propio aprendizaje [12]. Partiendo de esta premisa, en la figura 2 se propone una estrategia que tiene como clave utilizar el trabajo colaborativo enfocado a la producción de contenidos para desarrollar competencias digitales.

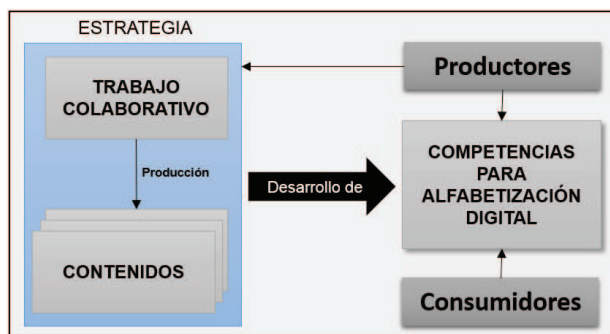


Figura 2. Estrategia de Alfabetización Digital y Producción Colaborativa de Contenidos Digitales.

Así, durante el desarrollo de los contenidos, los usuarios pueden aplicar conocimientos básicos en el manejo de las TIC y mediante el trabajo colaborativo para producir contenidos pueden ir fortaleciendo estas competencias para conseguir la apropiación social de las TIC.

De esta manera, como se describe en la figura 1 del modelo, cuando un usuario ha adquirido competencias digitales intermedias y avanzadas, se transforma en un individuo inmerso en la sociedad del conocimiento capaz de producir cualquier tipo de contenidos digitales, y pasa a ser un productor de contenidos. Por lo tanto, el trabajo colaborativo centrado en la producción de contenidos digitales promueve la adquisición de competencias digitales para los usuarios.

4. CASO DE ESTUDIO: Producción de contenidos tipo Objetos de Aprendizaje

Con el propósito de ilustrar el modelo, se presenta un caso de estudio para la producción colaborativa de contenidos para el programa CONET [13] de alfabetización digital en el estado de Aguascalientes, México.

El programa CONET es parte del proyecto Fomix titulado “Intervención Integral para Reducir la Brecha Digital en Aguascalientes Estado”, y ha sido definido dentro del Plan del Gobierno del Estado de Aguascalientes [14], México que considera dentro de sus principales actividades llevadas a Aguascalientes hacia una sociedad del conocimiento como estrategia para la mejora de la calidad de vida de la gente de Aguascalientes.

El programa CONET tiene como propósito brinda alfabetización digital a la población en general de manera gratuita. Las características del programa permiten catalogarlo como un programa dentro de la modalidad de educación informal, ya que si bien se les proporciona a los ciudadanos la orientación necesaria para obtener las competencias digitales para ser considerado un

ciudadano digital, no se les otorga un certificado oficial al término de su capacitación.

Para operar el programa CONET se creó un equipo de “instructores” que son los responsables directos de atender a la ciudadanía y orientarlos en la adquisición de competencias digitales. Se aplicó un instrumento diagnóstico para identificar el nivel de competencias digitales por parte de los instructores del programa CONET. La aplicación del instrumento permitió identificar que los facilitadores solo contaban con el nivel básico de competencias digitales (ver figura 3).

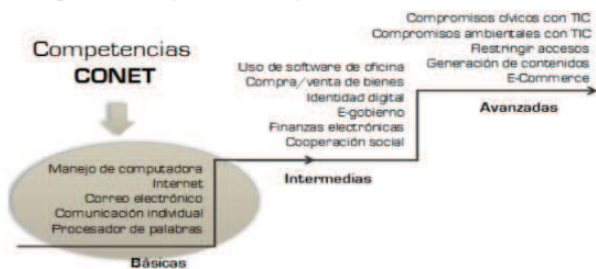


Figura 3. Clasificación de competencias digitales básicas en el Estado de Aguascalientes.

Debido a que los instructores del programa CONET son los responsables directos de atender a la ciudadanía, se hizo necesario implementar la siguiente estrategia propuesta por el modelo: “Proporcionar a los instructores del programa CONET la capacidad de crear contenido digital adicional de manera colaborativa apegados a las competencias digitales básicas, intermedias y avanzadas establecidas dentro del programa para reducir la brecha digital”. En este sentido, primero los instructores deben fortalecer las competencias digitales básicas y posteriormente adquirir las competencias digitales intermedias y avanzadas, para después replicarlas y transmitir las en los ciudadanos de Aguascalientes. Así, mientras los instructores son capacitados en los niveles intermedios y avanzados, de manera paralela, están produciendo colaborativamente contenidos digitales para el programa CONET en función de las necesidades expresadas por los usuarios (ciudadanos) del programa.

La capacitación de los instructores en los niveles intermedios y avanzados fue impartida por profesores de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) con una duración de 3 meses. Para la capacitación se dividieron a los instructores en dos grupos.

Para implementar el modelo arquitectónico, se sugiere seguir la siguiente metodología:

1. Determinar los actores involucrados y asignación de roles, tanto del lado de los productores de contenidos, como los consumidores.
2. Seleccionar el tipo de contenido a producir, en base a los requerimientos del consumidor. Los requerimientos están asociados al nivel de competencia digital que se desea desarrollar.
3. Implementar el proceso descrito en el modelo.
4. Recopilar los contenidos generados en un repositorio.

Para el caso del programa CONET y siguiendo la metodología propuesta, comenzamos definiendo a los actores involucrados asignándoles los roles definidos en el modelo (ver tabla 3).

Tabla 3. Participantes del programa CONET. Actores y Roles.

Actor	Roles
Profesores	Revisor de contenidos, Revisor técnico, Revisor pedagógico
Instructores Grupo A	Productor de contenidos, Generador de ideas,
Instructores Grupo B	Organizador de contenidos, Organizador del grupo

Para ilustrar el enfoque para el trabajo colaborativo propuesto en el modelo arquitectónico consideramos la producción del contenido de “procesador de palabras”, que nosotros lo expresamos en un diagrama de casos de uso que muestra a grandes rasgos la asignación de las tareas colaborativas a cada actor.

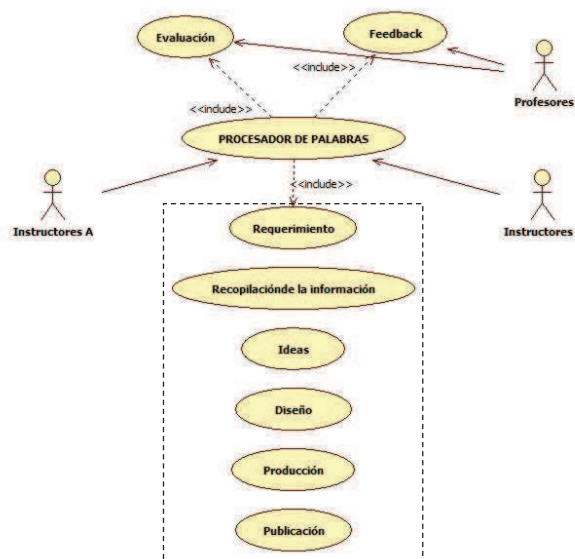


Figura 4. Caso de uso de trabajo colaborativo para producir el contenido de procesador de palabras en el Programa CONET.

De acuerdo a la figura 4, el grupo A y el grupo B de instructores producen dos contenidos diferentes sobre el manejo del procesador de palabras. Por ejemplo, el grupo A se centra en producir el contenido del procesador de palabras para adultos mayores, y el grupo B para ajustar el contenido para estudiantes de educación básica o para amas de casa.

Siguiente con el caso del procesador de palabras, en la figura 5 se describe el proceso donde interactúan en colaboración los instructores, los profesores y el usuario diferenciado. El usuario diferenciado es quien comienza el proceso indicando cuáles son sus necesidades formativas respecto al procesador de palabras, es decir, que nivel de utilización requiere: básico, intermedio o avanzado. Posteriormente, comienza la producción del contenido. Para esto, durante el proceso, los instructores van adquiriendo los diferentes roles descritos en la tabla 3: trabajar con un proceso basado en roles, permite que un instructor pueda desempeñar diversos roles, siendo el rol la asociación de la tarea que va a desempeñar. Lo mismo sucede para el caso de los profesores.

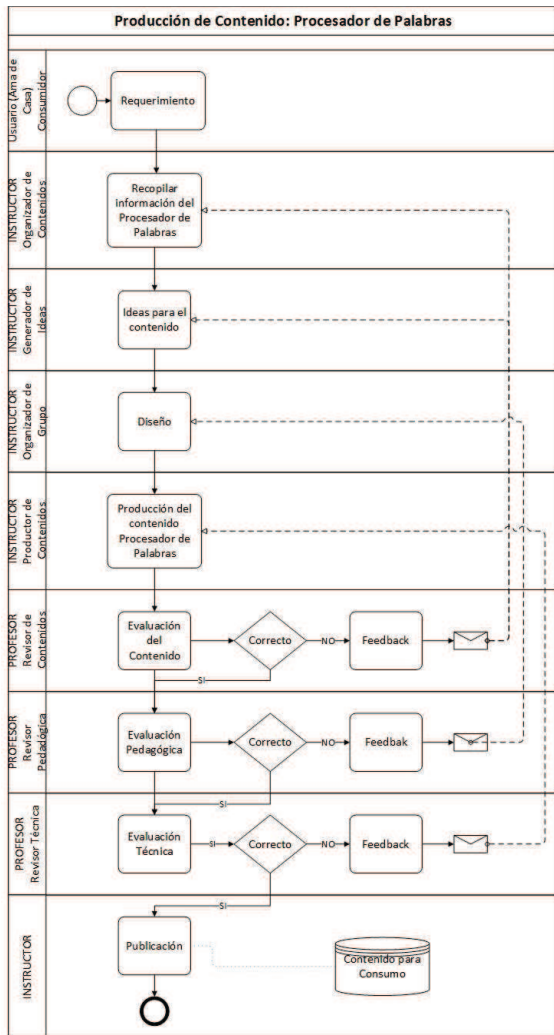


Figura 5. Proceso de producción colaborativa para producir el contenido de procesador de palabras en el Programa CONET.

Como punto importante, en la fase de “Ideas” del proceso, los instructores determinan que aplicaciones colaborativas serán utilizadas para la producción del contenido, esto en función de los requerimientos señalados por el usuario que va a consumir el contenido. Como se ha señalado, para este caso de estudio se ha elegido producir un objeto de aprendizaje, porque el objetivo es que el consumidor desarrolle habilidades para el manejo del procesador de palabras, pero también se pueden considerar otro tipo de contenidos a ser producidos, tales como: Recursos Educativos Abiertos (REA), simuladores, juegos serios, etc. Lo importante es que se debe tener en cuenta de que los contenidos en un contexto de alfabetización digital no sirven si son planos, estos deben ser multimedia y explícitos para lograr el objetivo de capacitar a un usuario en cualquier herramienta TIC.

4.1 Objetos de Aprendizaje producidos

Mediante la implementación del modelo y la estrategia dentro del programa CONET se tuvo que:

Se lograron crear diversos contenidos digitales tipo objetos de aprendizaje. Una bondad del modelo y principalmente el proceso basado en los roles y la colaboración, es que se pueden generar contenidos de manera masiva. De tal manera que se lograron crear

en el plazo de los 3 meses de capacitación, alrededor de 60 objetos de aprendizaje mismos que expresado en horas, representan alrededor de 100 horas de contenidos.

En la figura 6 se observa un ejemplo de uno de los objetos de aprendizaje generados para uno de los cursos del módulo básico. Cada objeto de aprendizaje tiene la estructura: 1) presentación; 2) Contenido; 3) Actividad(es); 4) Evaluación [15].

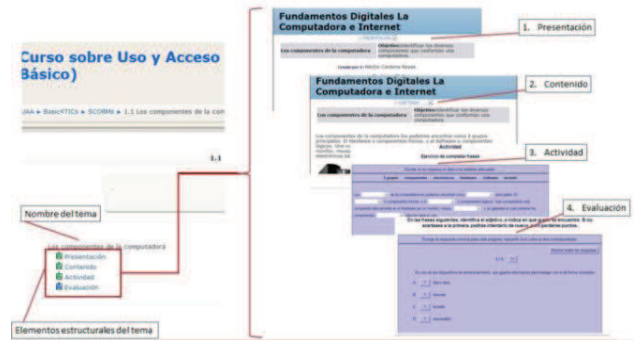


Figura 6. Contenidos digitales a manera de Objetos de Aprendizaje para los cursos de Alfabetización Digital del Programa CONET.

Derivado del trabajo colaborativo y la producción de los objetos de aprendizaje, los instructores del programa CONET lograron aumentar sus competencias digitales de básicas pasando por las intermedias hasta lograr las avanzadas.

4.2 Consumo de los Objetos de Aprendizaje

En este apartado mostramos como el usuario final, que es el consumidor diferenciado hace uso del objeto de aprendizaje para desarrollar la competencia digital del manejo de procesador de palabras.

El enfoque del consumo del objeto de aprendizaje está representado a manera de tarea de usuario utilizando la notación CTT (Concur Task Trees).

Tabla 4. Tareas del usuario para consumo del Objeto de Aprendizaje.

Tarea de Usuario	Interfaz de Usuario
<p>1</p>	<p>Iniciar el procesador el texto</p> <ul style="list-style-type: none"> Presentación Contenido Actividad Evaluación
<p>2</p>	
<p>3</p>	

En la tarea de usuario 1, el usuario consumidor debe realizar y seguir las 4 tareas establecidas por el objeto de aprendizaje: 1) mostrar presentación, 2) mostrar contenido, 3) mostrar actividad y 4) mostrar evaluación.

En la tarea de usuario 2, se le muestra al usuario el contenido del procesador de palabras. El usuario estudia el contenido.

En la tarea de usuario 3, se le presenta al usuario la actividad establecida en el objeto de aprendizaje. El estudiante elige las opciones que completan la actividad y posteriormente verifica sus respuestas.

5. CONCLUSIONES

En un contexto de alfabetización digital, los contenidos juegan un papel importante. Un buen contenido asegura que el consumidor realmente adquiera destrezas en el manejo y uso de las tecnologías. Por lo tanto, los contenidos digitales para alfabetizar deben ser de diversos tipos, objetos de aprendizaje, recursos educativos abiertos, libros digitales, juegos serios, simuladores, multimedia, etc., capaces de atender a un gran número de consumidores con necesidades y capacidades diferenciadas.

Sin embargo, la mayor parte de los contenidos se construyen por un solo individuo, y se dejan de lado aspectos como la calidad de la información, la calidad técnica y pedagógica, e incluso aspectos o rasgos multiculturales. Entonces, construir objetos con mayor calidad y que sean capaces de ser aplicados en diversos contextos y dominios requiere de la intervención de diferentes roles.

Contar con contenidos digitales de gran calidad y funcionalidad crea un círculo virtuoso donde los consumidores adquieren las competencias digitales necesarias para sumarse a la producción de contenidos y lograr así aumentar la cantidad de contenidos. Es decir, los contenidos permiten la transición de consumidores de contenidos a productores de contenidos. Con estos pequeños cambios se ira logrando contribuir a reducir la brecha digital.

Por otra parte, es importante tener en cuenta la selección de las aplicaciones para el trabajo colaborativo. Las aplicaciones deben facilitar la creación de escenarios de producción colaborativa de contenidos, y facilitar el acceso a los contenidos.

Como trabajo futuro, vamos a seguir trabajando para fortalecer el trabajo colaborativo y el proceso para integrar rasgos multiculturales en la producción de contenidos y estos puedan ser aplicados en un mayor rango de individuos.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo y soporte financiero al CONACYT e IDSCEA (Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes) al presente trabajo como parte del proyecto Fomix titulado Intervención Integral para Reducir la Brecha Digital en el Estado de Aguascalientes, con clave Ags-2011-CO1-178877.

7. REFERENCIAS

- [1] L. Olivé, "El libro, la lectura y las bibliotecas en la sociedad del conocimiento," *Lectura Vida*, vol. 30, no. 3, pp. 20–29, 2009.
- [2] E. Álvarez, "Cinco ventajas del aprendizaje colaborativo online," *Colomb. Digit.*, 2013.
- [3] R. Monge and E. Friscaro-Pawlowski, "Redefining Information Literacy to Prepare Students for the 21st Century Workforce," *Springer*, vol. Sci. Media New York, 2013.
- [4] M. Pinto, "Información, Acción, Conocimiento y Ciudadanía. La educación escolar como espacio de interrogación y de construcción de sentido," *Gedisa Barc.*, 2008.
- [5] K. Jiménez G., "Propuesta estratégica y metodológica para la gestión en el trabajo colaborativo," *Rev. Educ.*, vol. 33, no. 2, pp. 95–107, 2009.
- [6] M. Pérez-Mateo, M. Romero, and T. Romeu, "La construcción colaborativa de proyectos como metodología para adquirir competencias digitales," *Comunicar*, vol. XXI, no. 42, pp. 15–24, 2014.
- [7] T. O'Reillt, "What is Web 2.0 Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software," 2005.
- [8] X. Ribes, "La Web 2.0. El valor de los metadatos y de la inteligencia colectiva.," *Telos*, vol. 73, 2007.
- [9] L. Servon, "Brinding the Digital Divide: Technology, Community, and Public Policy," *Malden Ma Blackwell Pub*, 2002.
- [10] A. Baki and U. Cakroglu, "Learning Objects in high school mathematics classrooms: implementation and evaluation," *Comput. Educ.*, vol. 55, pp. 1459–1469, 2010.
- [11] D. S. Linthicum, "Cloud Computing and SOA COnvergence in Your Enterprise: A step-by-step guide," *Addison-Wesley Prof*, 2009.
- [12] M. M. Lucero, "Entre el Trabajo Colaborativo y el Aprendizaje Colaborativo," *Rev. Iberoam. Educ.*, 2010.
- [13] R. Mendoza-González, J. Muñoz-Arteaga, F. Álvarez-Rodríguez, J. Ávila-Sánchez, and J. E. Guzmán-Mendoza, "Análisis y Mejoramiento del Nivel de Competencias Digitales Ofrecidas por el Programa Vagón de la Ciencia y Tecnología del Gobierno del Estado de Aguascalientes.," *Res. Comput. Sci.*, vol. 64, pp. 161–168, 2013.
- [14] Gobierno del Estado de Aguascalientes, "Plan Sexenal del Gobierno del Estado 2010-2016," Aguascalientes, 2010.
- [15] J. Muñoz Arteaga, F. J. Álvarez Rodríguez, and M. E. Chan Nuñez, "Tecnología de Objetos de Aprendizaje," *Editor. Univ. Autónoma Aguascalientes UdG Virtual*, 2007.

Examination of Computer Supported Collaborative Business Process Modeling with Activity Theory

Duygu Findik Coskunçay
Middle East Technical University
Informatics Institute & Atatürk
University, Turkey
+90 312 210 77 22
fduygu@metu.edu.tr

Murat Perit Çakır
Middle East Technical University
Informatics Institute
Turkey
+90 312 210 77 06
perit@metu.edu.tr

ABSTRACT

Activity Theory provides a framework to examine and explain human-human and human-computer interactions. In this study, Activity Theory was used to examine both interactions in depth in the context of Computer Supported Collaborative Business Process Modeling (CSCBPM) in which geographically dispersed multiple users interact with each other and with the system. This framework enabled us to examine the activities of CSCBPM in detail and understand the process of CSCBPM. During the CSCBPM, some difficulties were identified between the components of Activity Theory framework. The difficulties and how they were handled are also presented and some system design suggestions were offered to increase efficiency of interaction in CSCBPM.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Group and Organization Interfaces – *Collaborative computing, Computer-supported cooperative work, Synchronous interaction*

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Collaborative Business Process Modeling, Synchronous Business Process Modeling, Activity Theory

1. INTRODUCTION

Nowadays organizations describe their core procedures in terms of business processes and invest considerable effort to define these processes in terms of operational models [1]. Business process modeling (BPM) is a collaborative activity that involves a number of stakeholders who possess the fundamental knowledge of the processes or goals of an organization [2]. By definition, process modeling is performed in a distributed context (e.g., cross-organizational, cross-geographical) and the stakeholders (e.g., analysts, project managers and domain experts) are often geographically dispersed and need to engage in the process modeling effort from remote locations [3,4]. Therefore, modeling and managing collaborative business processes involves new challenges, mainly regarding the ability to cope with change, decentralization, and the required support for interoperability [1]. In order to overcome these challenges business process modeling activities can potentially benefit from computer supported cooperative work (CSCW) practices.

In CSCW practices, multiple users interact both with each other and with the system. In order to understand the process of CSCBPM both of the interaction should be examined in detail. The examination of both human-human and human-system interaction is a complex process and require in depth analysis. Activity Theory provides a framework to examine how people interact with each other and with technology. Also this theory has been widely used in interaction design to analyze systems and technologically mediated activities [5].

In this study, cognitive environment was setup for BPM practices where more than one user worked as a geographically distributed project team. The interactions among the team members were examined with focusing on the communicational contents exchanged by participants in the form of chat messages and shared diagrams. The study focused on the organization of the interactional activities through which business process models were co-constructed under the light of Activity Theory. In addition, we identified some difficulties that may affect the efficiency of CSCBPM. The difficulties were between the object and the mediating artifact and between the subject and the mediating artifact components of the Activity Theory. The detailed explanations of these issues and proposed suggestions to handle these problems are presented in this research. Specifically, the study was constructed under the light of the following research questions;

- What are the objectives of activities and the contribution of the roles to conduct the related BPM activities in synchronous CSCBPM practices?
- What are the difficulties faced in synchronous CSCBPM practices and how the systems should be improved to handle such difficulties?

The paper is structured as follow; firstly, research backgrounds of CSCBPM and Activity Theory are presented. Secondly, the research methodology is introduced by explaining research design, data source and data collection procedure. Thirdly, collaborative business process modeling is examined with Activity Theory, the encountered difficulties and applied solutions are introduced. Lastly, the findings are discussed and the research is concluded.

2. RESEARCH BACKGROUND

2.1 Literature Review on Computer Supported Collaborative Business Process Modeling

CSCBPM is a current topic in BPM literature. Too many researches have been conducted to examine cBPM activities [3,6,7,8,9,10,11,12,13]. In the study of [6], effects of collaborative systems on students' domain knowledge were examined. The researchers performed their examination with COLLECT-UML tool and they found that collaborative approach enhanced students' domain knowledge. In the study of [7], the researcher introduced COMA cBPM tool. This tool supports asynchronous BPM with four functions that are proposal, support, challenge and accept. The proposal is related with the revision of the current version of the model. The support is related with the positive assessment on the proposal made by the other team members. The challenge is related with the negative assessment on the proposal. The last function is the acceptance that offers rules of majority and rules of seniority. In the study of [8], the researcher reviewed COLER, COLLECT-UML, CoLeMo, AUTO-COLLEAGUE systems in the CSCL context. The study examined the students' modeling activity with Unified Modeling Language (UML) and evaluated the type and frequency of the contribution of the students in the chat system. In the study of [9], the researchers reviewed the existing commercial BPM tools in terms of their collaborative nature with three criteria that are Process Modeling Criteria, Collaboration Criteria and Technical Criteria. As a result of this study, the researchers concluded that tool designers perceive modeling asynchronously and no product allows modeling synchronously on the same object. In the study of [10], the researchers investigated user satisfaction on BPM with eye-tracking methodology. As a result, 'understanding', 'completeness' and 'easy to use' were found the most important requirements for user satisfaction in BPM context. In the study of [11], the researchers examined the new collaborative process modeling approach in 3D environment by using virtual world technology. The researchers implemented 3D BPMN modeling environment in Second Life and conducted an exploratory modeling case to evaluate the suggested approach. Researchers required from the participants to compare the traditional process modeling approaches performed with ARIS, Visio, NetWeaver and etc. with this new modeling approach performed in modeling environment based on the 3D virtual world technology. The participants' feedbacks showed that they found this approach suitable for process modeling. In the study of [3], process of collaborative process modeling was examined by considering the Gravity as a collaboration technology that was based on Google Wave. The researchers examined the process of the collaborative business process modeling experiences by considering the breakdowns that are the difficulties observed during problem-solving processes. Then the researchers categorized these breakdowns under the Pragmatic, Semantics and Syntax categories and the found that the most of the breakdowns were classified as pragmatic. In the study of [12], the researchers examined formalization phase of the business process modeling with eye tracking technology from single user perspective. As a result of the study, researchers proposed some inferences like modelers have a good understanding of the current task if participants have a short fixation on the case when reading. Lastly, the study of [13] is in progress and he is examining the process of synchronous process modeling.

2.2 Theoretical Background of Activity Theory

"Activity theory is a theoretical framework in psychology and social sciences that intends to understand individual human beings, as well as the social entities they compose, in their natural everyday life circumstances, through an analysis of the genesis, structure and processes of their activities" [5]. Activity theory includes three basic levels that are activities, actions and operations which depend on the hierarchical structure of activity, object-orientedness and mediation principles. The purposes of the principles are defined as follow [5];

The hierarchical structure of activity: In order to understand the subject-object relationship, three different levels activities, actions and operations can be analyzed [14]. The notion of activity is the most fundamental term in Activity Theory. Activity is not only related with human activity, but also activity of any subject to understand meaningful interaction of subject with the world. Activities have motives and include a series of actions. Actions are conscious, goal-directed processes that must be undertaken to reach the goals. The goal is to finish the activity. Different actions might be performed to reach the same goal. Undermost level is the operations that are performed spontaneously and unconsciously without having their own goals. Actions require these automatic processes for the adjustment of current situations.

Object-Orientedness: All human activities are directed toward their objects; therefore analysis of objects is a necessary requirement for understanding human beings actions that are either performed individually or collectively. Objects motive and direct activities and separate one activity from another.

Mediation: Activities are mediated by tools that shape the way of human beings interaction with reality; therefore the mediation factor plays a central role on the interaction between people and their environment.

Engeström [15,16] developed the "triangular" activity system model including Mediating Artifacts, Subject, Rules, Community, Division of labor, Object and Outcome dimensions (shown in Figure 2) that has been widely using in interaction design to analyze various system and technologically mediated activities [5]. The activity system model clearly identifies the key aspects of described reality, identifies the potential contradictions, and offers a visual representation to show how these aspects are related with each other [5].

2.3 Literature Review on Activity Theory

In the literature, Activity Theory has been using in a widespread research area to examine the collaborative environments. Activity Theory was used in software engineering discipline to analyze the collaborative work of software development [17,18,19]. In the study of [17], the researchers examined activity theory with a case study to identify the problems in software requirements elicitation phase. The study of [18] examined software development environments with coordination, cooperation and co-construction levels of subject-object-subject relations. In the study of [19], the researchers used Activity Theory to analyze the collaborative work of software development team. Usage of this framework enabled the researchers to understand the context where the software development activity was being performed; the tools used by the community, the division of labor adopted by the team, the desired outcome of the activity. Also the researchers identified different tensions within and contradictions between activities

performed by the developers in the team. In the study of [20], researchers combined grounded theory and activity theory to help designers to improve and develop better collaborative interfaces for tabletop collaboration in which multiple users interact with system and with each other. The researchers introduced the analytical thinking process and give suggestions about how cognitive group abilities should be supported during remote tabletop collaboration and how to improve interfaces.

3. METHODOLOGY

3.1 Research Design

In the scope of this study, two experiments were conducted to examine the synchronous CSCBPM practices. Three users were selected for the Collaborative Business Process Modeling Team (cBPM team), who are PhD candidates and research assistants in Information Systems department of Informatics Institute (II) of Middle East Technical University (METU). One of the team members was assigned as Domain Expert (DE) and the other two were assigned as Process Analysts (PA1 and PA2). PAs were responsible for modeling the business processes according to the information given by DE. Before the experiment was conducted, a questionnaire was applied to team members to collect information about their demographic profiles and their previous BPM experiences and capabilities. DE performed information provider role during some of the previous BPM activities. He already had experiences on CSCW activities and evaluated his collaborative working performance as pretty good. PA1 and PA2 had received training on BPM and process improvement. They already had experiences on process modeling. While PA1 evaluated her modeling ability as neutral, PA2 evaluated her modeling skill as pretty good. Both of the PAs performed modeling activity with UML Activity Diagram, Data Flow Diagram (DFD) and Extended Event-Driven Process Chain (eEPC). None of the PAs had performed BPM in a CSCW environment before. However they had experienced with collaborative group work in an online environment for different cases and they evaluated their collaborative working performance as pretty good.

In the scope of this experiment eEPC was selected as BPM notation rule. eEPC is one of the most frequently used modeling notations [21] and it provides easy model readability by not only for PAs but also for process users who are not familiar with process models. In addition, PAs had already experienced with eEPC modeling notation; therefore this standard was selected as modeling rule to eliminate any threat that might be caused because of inexperience on the modeling notation.

Two ecologically valid cases were selected for CSCBPM practices; that are ongoing processes in Informatics Institute (II) of Middle East Technical University (METU). Case I was “New Course Proposal Evaluation Process” and Case II was “Debit Entry Process”. According to control flow complexity of processes (CFC) metric, the complexities of the processes were 2 and 4 respectively. The business processes were introduced in detail only for DE and no prior information about the processes was given to the PAs.

VMTChat quasi-synchronous communication channel was used as the mediation tool. In VMTChat environment, all users can use the shared whiteboard area at the same time. They can work on the same object or different part of the model separately. The system has a Current Users window that shows the online team members. There is a chat window at the right side of the system

panel. The system has referencing tool that enables the team members to refer any object in the whiteboard area and make comment for this object directly. Also the reference tool enables the team members to refer the any previous message in the chat window. The system has a history bar that enables the users to see the previous modeling actions. The VMTChat environment is seen in Figure 1 below.

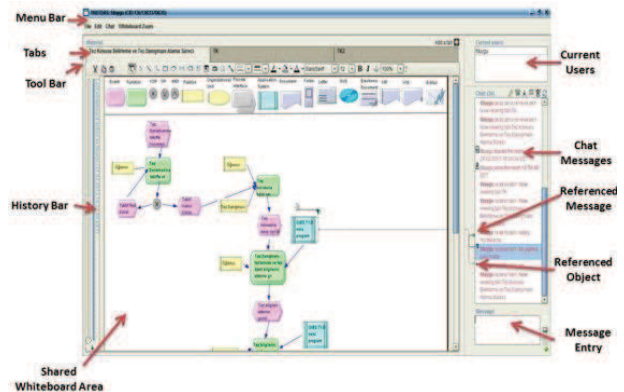


Figure 1. VMTChat Environment

3.2 Data Source and Collection

Before the experiment was conducted, VMTChat environment was introduced to all participants. Although the PAs had already known the eEPC modeling notation, a brief introduction was given as a reminder. The participants attended the experiment from different locations to obtain geographically distributed research setting. They performed synchronous collaborative process modeling practices and the communicational contents exchanged by the participants in the form of chat messages were obtained from VMTChat’s system logs. Interaction of the participants and their interaction with the system were examined with the help of these data sources. The modeling sessions were completed in 63 minutes and 48 minutes respectively for case 1 and case 2.

4. EXAMINATION OF COLLABORATIVE BUSINESS PROCESS MODELING WITH ACTIVITY THEORY

As a beginning, we described the CSCBPM activity performed by cBPM team with Activity Theory framework shown in Figure 2. Usage of this framework enabled us to define the boundaries of the examination of CSCBPM.

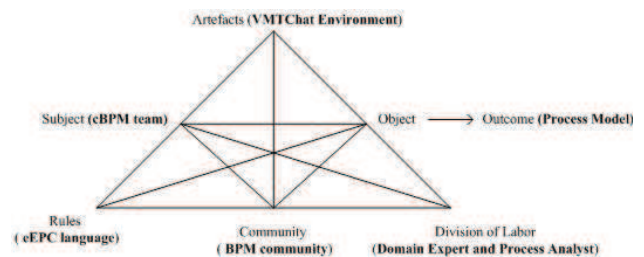


Figure 2. CSCBPM Activity

The main outcome of CSCBPM was an accurate and understandable process model that represents the informal specification of the business process. The object of this modeling activity was the transformation of the informal business process

description to the formal representation synchronously. The mediating artifact was VMTChat CSCW environment that was used to collaboratively model the business processes. Rules were related with the usage of modeling elements in which all eEPC grammar rules should be applied if possible. The community included the people who have either domain knowledge or process modeling capability. The whole BPM community was organized according to a specific division of labor including Domain Experts and Process Analysts.

As stated previously, Activity Theory is based on three levels that are activity, actions and operations. Interaction analysis for CSCBPM enabled us to identify activities, actions and operations of synchronous cBPM (shown in Table 1). Activities were grouped according to their objectives. Consequently, we observed Elicitation, Formalization Validation and Verification activities that are also parallel with the basic steps of the traditional information modeling [22]. In addition to the examination of activities during the synchronous cBPM, number of actions performed by the team members was examined to understand the contribution of the roles for the formation of the activities. Examination of CSCBPM in that basic level assisted to understand the process of CSCBPM more clearly.

Table 1. Activities, Actions and Operations of CSCBPM

Activities	Actions	Operations
Elicitation	Information Entry	DE writes information about the process in chat window
	Reviewing	DE reviews the written specification
	Editing	DE edits the written specification
	Sharing	DE shares the information with PA
	Repeating	DE repeats some information pieces
	Requesting	PA requests new and additional information about the process
	Discussing	DE and PAs discuss about the given information about the process
	Information Entry	DE writes information about the process in chat window
Formalization	Reading	PAs reads the given textual description
	Selecting	PA selects the appropriate model elements
	Naming	PA assigns representative name for the model elements
	Linking	PA links the related model elements with each other
	Editing	PA edits the size of the model element
	Assigning Position and Organizationa	PA assigns position and organizational unit model elements for the related

	1 Unit model elements	function
	Assigning Information Carrier	PA assigns information carrier model elements like a document, folder, letter, DVD, electronic document, list, E-mail, and log file to the related function
	Positioning	PA arranges the position of the model element
Validation & Verification	Comparison	DE or PA compares the formalized representation of the model with the informal description of the process definition
	Reviewing	DE sends message for the correctness, layout, structure and revision of the model element
	Issue Identification	DE or PA identifies the problems in the formal representation of the process
	Issue Correction	PA rearranges the formal representation of the process according to the requested validation and verification
	Issue Management	DE or PA sends acknowledgement message for the validation and verification requests, sending responses for the not approved and not understood validation and verification requests

During the **Elicitation activity** DE had an active role to transfer the information about the process to the PAs. Elicitation activity enabled the PAs to get the information and learn all details of the process. It was observed that, PAs were also took an active role in Elicitation activity by requesting new information about process and discussing about the given piece of information. Elicitation activities were performed with Information Entry, Reviewing, Editing, Sharing, Repeating, Requesting and Discussing actions. Numbers of actions performed in Elicitation activity by the team members in the experiments were examined and it was seen that Elicitation activity was performed 12 times in the first experiment; 8 of them were performed by DE and 4 of them were performed by PA1. PA2 did not perform any action to conduct Elicitation activity. In addition, Elicitation activity was performed 7 times in the second experiment; 5 of them were performed by DE and 2 of them were performed by PA1. PA2 did not perform any action in Elicitation activity again.

After a piece of information was transferred to the PAs with Elicitation activity, **Formalization activity** was performed. The objective of this activity is to translate the informal definition of the business process to the formal representation. The Formalization activity included Reading, Selecting, Editing, Naming, Linking, Assigning Position and Organizational Unit, Assigning Information Carrier and Positioning actions. Only PAs took an active role in the Formalization activities. Numbers of

actions performed in Formalization activity by the PAs were examined and it was seen that PA1 performed 250 actions and PA2 performed 141 actions to conduct Formalization activity in the first experiment. In addition, PA1 performed 175 actions and PA2 performed 135 actions to conduct Formalization activity in the second experiment.

After and during the transformation of an information piece to the formal representation, **Validation and Verification activities** were performed. The main objective of Validation is the ensuring the correctness of the formal representation of the process model. Validation activity was performed by all of the team members. DE performed the Validation activity by comparing the created model with the informal process definition. PAs were also involved in the Validation activity by comparing the formal representation of the model with the informal process definition. They performed issue identification and correction according to the process definition. Numbers of actions performed by the team members to conduct Validation activity in the experiments were examined. It was observed that DE sent 11 Validation requests and PA1 performed 35 and PA2 performed 6 actions to conduct Validation activity in the first experiment. In addition, DE, PA1 and PA2 performed 25, 69 and 66 actions to perform Validation activity respectively in the second experiment.

Verification activity was performed only by PAs. The main objective of this activity is to ensure model consistency. Validation and Verification activities include Comparison, Issue Identification, Reviewing, Issue Correction and Issue Management actions. Numbers of actions performed in Verification activity by PAs were examined and it was observed that PA1 performed 31 and PA2 performed 21 actions for the Verification activity in the first experiment. In addition, PA1 performed 9 actions and PA2 performed 12 actions for the Verification activity in the second experiment.

Examination of CSCBPM in that basic level enabled us to identify the objective of the activities and the relation between the roles and their contributions to conduct the related activities. It was observed that DE had an active role in Elicitation and Validation activities. On the other hand, PAs took an active role in the all phase of the cBPM. The number of actions performed to contribute the related activity differed for each PAs. For example, in Elicitation activity, despite DE had an active role to transfer the information about the process, only PA1 tried to obtain detailed information about the process in both experiments. In the first experiments, PA1 performed more actions than PA2 in Formalization, Validation and Verification activities. In the second experiment, although PA1 performed more actions in Formalization activity again, PA1 and PA2 performed almost equal number of actions in Validation activity and PA2 performed more actions than PA1 in verification activity.

Although the number of actions gives a general idea about the contribution of the roles for the formation of the activities, we could not make an exact conclusion about the individual performances of the PAs for the formation of the related phases by only evaluating the number of actions. Although PA1's number of actions was more than PA2 in many phases, we observed that PA2 played a major role for the critical decision making points like the selection of correct model elements and labelling the functions and event model elements appropriately to create the process model in a valid manner.

Examination of the CSCBPM in that level enabled us to identify several difficulties between the object and the tool and between the subject and the tool components of Activity Theory when performing the CSCBPM activities. The encountered difficulties and the applied solutions to overcome these problems were introduced in the following section.

4.1 Difficulty between the Object and the Tool

The first difficulty is related with the competence of the mediating artifact to reach the object of the modeling activity. The main objective of this collaborative process modeling activity is to produce an applicable, understandable and correct process models. In order to achieve this objective, primarily the tool must support an appropriate modeling notation like eEPC, BPMN (Business Process Model and Notation), BPEL (Business Process Execution Language), Petri Net and similar formal notations. However, VMTChat does not support any modeling notation, despite it has a basic drawing tool and it support the collaborative working on the same share whiteboard area. It is obvious that, there is a problem between the mediating artifact and the object of the collaborative BPM practice. To be able to use VMTChat environment as a mediating artifact, the tool deficiency should be removed. In order to handle this problem, the researchers redesigned the system by adding the eEPC notations before the experiment. Then, cBPM team was trained about duplication of model elements with copy-paste method and making connection between them.

The other difficulty is related with the completion of the modeling activity in the same shared whiteboard area. The system's modeling area is not endless; therefore the cBPM team had difficulties to complete the formalization of the business processes on the same whiteboard area. In order to handle this problem, we added new tabs in the working area as shown in the Table 2. We expected that, the PAs would continue the modeling by switching a new tab when their current modeling area finished. During the modeling activity, modeling area fell short to complete the modeling activity. As expected that PAs were agreeing on the passing a new tab to continue to modeling as shown in the following interaction episode;

Table 2. Interaction Episode_1

Line	Messages
Line 1	PA1: reach the end of workarea (Ekran bitti)
Line 2	PA1: ☺
Line 3	PA1: it does not come down (inmiyo şekerim)
Line 4	PA1: duygu had said that we should pass a new tab when we reach end of workarea (duygu dediya ekran bitince yeni taba geçicez)
Line 5	PA2: yes, it does not come down (evet inmiyomuş)
Line 6	PA2: ok, let's go on (ok geçelim hadi)

However, while the screen was over for modeling, they did not pass a new tab, and they continued to model on the same whiteboard area by twisting the model flow. We guess that the main reason of the PAs' tendency to stay on the same working area was the seeing the process model as a whole. Also, modeling on the same whiteboard area enabled the PAs to read the model

and the follow the connection between the model elements without having to be switching between different shared modeling areas. Therefore, it can be said that the systems should enable the modelers to work on the same working area with performing no switching between the different pages.

4.2 Difficulty between the Subject and the Tool

cBPM team had some communicational complexities because of the nature of quasi-synchronous communication channel. In some cases, the team members perceived the written message personally instead of it was written for another team member. Because of such confusion, they spent time to understand what the message was related about and performed extra messaging to clarify the related communicational complexities. After cBPM team encountered with several communicational difficulties and spent time for tracing the exchanged messages, they decided to use the reference tool to send their messages by referring the previously sent messages in the chat window. In other case, difficulties emerged in CSCBPM because of the awareness issues on the shared whiteboard area. The system is capable to send a message by referring a model element on the shared whiteboard area. In some interaction cases, cBPM team did not use the referencing feature of the system on the shared whiteboard area when they asked a question or make a comment on the model. The following interaction episode shown in Table 3 is an example in which they initially tried to communicate with each other without using referencing feature of the system; after they had communicational complexity, a new message was sent by referring the message with the related model element on the working area.

Table3. Interaction Episode_2

Line	Messages	Descriptions for interaction
Line 1	DE: "Determine to open a new course" does not properly express the situation ("yeni açılacak ders belirlendi" tam ifade etmiyor sanki)	DE sent a message for validation
Line 2	PA2: That is not an event (event değil o)	PA2 sent a verification message without referring the related model element
Line 3	PA2: nurcan (nurcan)	
Line 4	PA1: yes! (efendim)	Sent as response to line 3
Line 5	PA2: I've changed (değiştirdim)	PA2 performed correction as response to the validation request of DE in line 1. PA1 perceived this message personally although it was sent as a response for DE's message in line 1.
Line 6	PA1: What have you changed? (neyi)	PA1 was confused and tried to figure out

	değiştirdin)	that what the changes were related about
Line 7	PA2: This is not good (bu olmadı)	Because of the complexity, PA2 needed to send the verification request by referring the related model element
Line 8	PA1: Why? (neden olmadı?)	Sent as response to the line 7

As shown in Interaction Episode_2, DE sent a validation request in Line 1. Then PA2 sent a verification request by sending "That is not an event, Nurcan" from PA1 without referring the model element. PA2 sent "I've changed" message as a response to the validation request of DE. However, PA1 perceived the message personally and tried to understand what had been changed. In order to reduce the communicational complexity, PA2 sent "This is not good" message by referring the model element in the whiteboard area. Sending the message with referencing enabled the PA1 to follow the messages easily and understand the problematic model element easily.

In this case, it is clear to observe that the team members had difficulties to understand the related model elements and be aware of the problematic part of the model. In order to solve such communicational complexities, cBPM team used referencing tool when they mentioned about a model element on the whiteboard area. Supporting the communication with such a referencing tool reduces the awareness problems and enables the team members to send message without writing the whole name of the model element when mentioning about it; instead they only refer the related model element with "this", "that" and such a demonstrative adjectives. For example, in the Interaction Episode_2, PA2 mentioned about the model element labelled as "Send Form to the Head of the Department - Formun ABD Başkanına İletilmesi" by only using "this" and "that" demonstrative adjectives without writing the whole name of the model element.

In summary, usage of referencing tool not only increases the awareness on the model and reduces the communicational complexities but also making the communication much easier by reducing the number of words that should be written to refer the related model element. Although the referencing feature of the system provides the mentioned advantages, in some referencing attempts, the shared whiteboard area froze when the participants click the blank area instead of the related model element. Because of this technical breakdown, team members had to leave the system and rejoin the modeling activity.

5. DISCUSSION

Activity Theory provided a framework that enables us to perform in depth examination for the interaction between cBPM team members and their interaction with the system at the basic level including activities, actions and operations. Examination of the interaction in this detail helps to understand the process of CSCBPM more clearly. At the activity level, CSCBPM includes

Elicitation, Formalization, and Validation & Verification activities. The observed details of these activities as follow; DE divided the whole process information and shared each information pieces in different **Elicitation activities**; instead of sharing the complete set of process information with only one Elicitation activity. This means, cBPM team performed the modeling activity with small increments. In Elicitation activity, information entry, reviewing, editing and sharing actions are performed by DE; which means there was no interaction was observed between cBPM team members during these actions. However, requesting and discussing actions of Elicitation activity were performed with the interaction of cBPM team members. During these actions, it was observed that, the PAs tried to obtain more detailed information about the process and understand the related piece of information.

Formalization activity performed by the PAs, any action was not performed by DE. Firstly PAs read the related information piece given by DE. It was observed that PAs needed to read the given piece of information more than once throughout the modeling. Therefore it is important to place the modeling area and communication window in the same interface to preserve the concentration of PAs. This help to increase transparency of the system; that means during the interaction, modelers can focus on their work and the system (mediating artifact) remains invisible [5]. After PAs read information given by DE, they selected the appropriate model elements to formulate the information piece. In the first experiment each PA selected the modeling element randomly which means they gave their own decision at that time to select most appropriate model element. However, in the second experiment, it was observed that the PAs developed a method for the selection of the model elements; in which one of the PAs would create activity model elements, and the other PA would create event model elements. The change on the model elements' selection method showed that PAs tried to organize the Formalization activity; also they tried to prevent the possibilities of the creation of the same model element for the same information piece. After the model element was selected, PAs gave an appropriate name for this model element depends on the given information. Then, the connection between the model elements was established with linking action. Then the PAs assign position and organizational units and information carriers and established their links. During the Formalization activity, PAs positioned the model elements in the shared whiteboard area to arrange the appearance of the created model. It was seen that PAs spent too much time for this action. It is estimated that if the system had a feature to automatically arrange the model elements, the PAs work load would decreased.

Validation activity was performed by DE to ensure model's correctness. This activity was performed by comparing the created model with the informal process definition. During this activity, DE reviewed the model and identified the issues that were the incompliance of the created model with the given information. After the issues were identified, DE and PAs were managed the issues either by approving or rejecting the validation request. If the validation request was understood and approved by the PAs,

the issues were handled by correcting the problematic formal representation of the created model. It was observed that, Validity activity was performed throughout the modeling activity; instead of performing this activity at the end of Formalization activity. Therefore, it can be said that DE played a major role for throughout the modeling.

Verification activity was performed by PAs to ensure model's internal consistency. During the verification activity the PAs were interested with two types of issues that were the incompliance of the created model with the given information and incompliance of the model elements with the modeling notation rules. The first type of issues was identified by the comparison method; PAs compared the created model with informal process definition. The second types of issues were identified most of the time by the other PA. After the issues were identified, they were managed by either accepting or rejecting the related verification request. If the verification request was accepted, the issues were corrected.

The detailed examination of CSCBPM enabled us to observe some difficulties between the components of Activity Theory. The observed difficulties led to make some inferences for the system design to perform effective CSCBPM practices. Firstly, in order to achieve the objective of the CSCBPM (that is producing a correct, valid and understandable process model), the mediating artifact should support an integrated modeling language. As stated by [26], modelers can select their modeling technique for collaborative modeling projects; therefore the system should support different modeling languages with an efficient mapping algorithm. Secondly, the system should protect the completeness of the process model; because PAs prone to see the model on the same interface. Such a competence of the system increases the model's readability and traceability. Thirdly, cBPM team members might have communicational complexities during discussion, because of the nature of quasi-synchronous communication channel. It is observed that these difficulties are dealt with the system's referencing feature in the chat window. We can offer the usage of such a referencing feature in the systems to support CSCBPM with less problematic communication flow. Fourthly, the system enables the PAs to refer their chat message with the created model elements on the shared whiteboard area. Therefore, the group members can aware of the model part spoken about it. Coordination between chat messages and model is also important to make the communication more clear. Coordination can be successfully achieved by the usage of reference tool in the system. Although the referencing tool increases the coordination and awareness of the users, they may incline to reject the use of reference tool because of the technical breakdowns. Therefore it can be concluded that, the system features should be error free to increase their acceptance by the users.

6. CONCLUSION

In this paper, Activity Theory framework is used to examine the interaction of the cBPM team during CSCBPM activity. With the help of this framework, CSCBPM is examined in the basic activity, action and operation levels. The process of CSCBPM is

examined in the Elicitation, Formalization, Validation and Verification activity levels. With the help of this detailed examination, we observed some difficulties in CSCBPM especially between the Subject and the Tool and between the Object and the Tool components of Activity Theory. The encountered difficulties and how these problems were handled are introduced in this research.

The research experiment can be conducted with different cBPM team combinations with further researches. In this research, the cBPM team included a DE and two PAs. It was assumed that the DE had already collected all information objects of the business process and verbalized the process definition previously. For the future researches, the subject of the experiment can be modified by adding more than one DE, each of them should have a piece of information object about the business process. Such an experiment design can enable the researchers to observe the collection of information objects and development of initial specification of the process through the interaction of DEs.

7. REFERENCES

- [1] Roser, S., Bauer, B. 2005. A categorization of collaborative business process modeling techniques. *Proceedings - Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology Workshops, CEC 2005 Workshops*. 43-54.
- [2] Rittgen, P. 2010. Success factors of e-collaboration in business process modeling. In: *Pernici, B., In: Advanced Information Systems Engineering*, 24-37. Springer Berlin/Heidelberg.
- [3] Mendling, J., Recker, J., Wolf, J. 2012. Collaboration features in current BPM tools. In: *EMISA Forum*. 32(1), 48-65.
- [4] Adamides, E., Karacapilidis, N. 2006. A Knowledge Centered Framework for Collaborative Business Process Modeling. *Business Process Management Journal*. 12(5), 557-575.
- [5] Kaptelinin, V., Nardi, B. 2006. *Acting with Technology: Activity Theory and Interaction Design*. Cambridge: MIT Press.
- [6] Baghaei, N., Mitrovic, A., Irwin, W. 2007. Supporting Collaborative Learning and Problem-Solving in a Constraint Based CSCL Environment for UML Class Diagrams. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 159-190.
- [7] Rittgen, P. 2008. COMA: A Tool for Collaborative Modeling. In: *CAiSE Forum*. 61-64.
- [8] Basher, M. 2010. Collaborative learning of UML-State diagrams using multi-touch technology. TR-TEL-10-05, Durham University.
- [9] Riemer, K., Holler, J., Indulska, M. 2011. Collaborative process modelling-Tool analysis and design implications. In: *ECIS 2011: European Conference on Information Systems-ICT and Sustainable Service Development*. Association for Information Systems.
- [10] Hogrebe, F., Gehrke, N., Nüttgens, M. 2011. Eye tracking experiments in business process modeling: Agenda setting and proof of concept. In: *EMISA*. 183-18.
- [11] Brown, R., Recker, J., West, S. 2011. Using virtual worlds for collaborative business process modeling. *Business Process Management Journal*. 17(3), 546 – 564.
- [12] Pinggera, J., Furtner, M., Martini, M., Sachse, P., Reiter, K., Zugal, S., Weber, B. 2012. Investigating the process of process modeling with eye movement analysis. In: *Proc. ER-BPM 12*.
- [13] Forster, S. 2013. Investigating the Collaborative Process of Process Modeling. In: *CAiSE 2013 Doctoral Consortium*. 33-41.
- [14] Leontiev, A. N. 1974. The Problem of Activity in Psychology. *Soviet Psychology*. 13, 4-33.
- [15] Engeström, Y. 1987. *Learning by expanding: An activity-theoretical approach*. Helsinki: Orienta Konsultit.
- [16] Engeström, Y. 1990. *Learning, working and imagining: Twelve studies in activity theory*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- [17] Martins, L. E. G., Daltrini, B. M. 1999. An approach to software requirements elicitation using precepts from activity theory. In: *14th IEEE International Conference on Automated Software Engineering*. 15-23.
- [18] Barthelmeß, P., Anderson, K.M. 2002. A View of Software Development Environments Based on Activity Theory. *Computer Supported Cooperative Work*. 11(1-2), 13-37.
- [19] de Souza, C. R., Redmiles, D. F. 2003. *Using Activity Theory to Understand Contradictions in Collaborative Software Development*. Automated Software Engineering, Montreal, CA, IEEE Press.
- [20] Rivers, C., Calic, J., Tan, A. 2009. Combining Activity Theory and Grounded Theory for the Design of Collaborative Interfaces. *Human Centered Design*. 5619, 312-321.
- [21] Pestic, M., van der Aalst, W.M.P. 2005. Towards a Reference Model for Work Distribution in Workflow Management Systems, E. Kindler, M. Nüttgens, In: *Workshop on Business Process Reference Models (BPRM 2005)*.
- [22] Dollmann T, Houy C, Fettke P, Loos P. 2011. Collaborative Business Process Modeling with CoMoMod - A Toolkit for Model Integration in Distributed Cooperation Environments. In: *Reddy S, Tata S (eds) Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Collaboration Technologies and Infrastructures*. Pars, France. 217-222.

Interfaces Emocionales

Empatheticons: Designing Emotion Awareness Tools for Group Recommenders

Yu Chen¹, Xiaojuan Ma², Alfredo Cerezo¹, Pearl Pu¹

¹HCI Group, EPFL, Lausanne, Switzerland, {yu.chen, alfredo.cerezo, pearl.pu}@epfl.ch

²Huawei Noah's Ark Lab, Hong Kong, xiaojuan.ma@huawei.com

ABSTRACT

Group recommender systems help users to find items of interest collaboratively. Support for such collaboration has been mainly provided by tools that visualize membership awareness, preference awareness and decision awareness. However, these mechanisms do not address group dynamic issues: how member may affect each other. In this paper, we investigate the roles of emotion awareness tools and how they may enable positive group dynamics. We first describe the design process behind a set of dynamic emoticons, which we call **empatheticons**. We then show that they allow users to represent, annotate, and visualize group members' emotions in GroupFun, a group music recommender. An in-depth user study (N = 18) with GroupFun demonstrates that users' emotion annotation for recommended songs can be influenced by other group members. Most importantly, empatheticons enhance users' perceptions of the **connectedness** (immediacy) and **familiarity** (intimacy) with each other and the positive group dynamics.

Categories and Subject Descriptors

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

General Terms

Interface design

Keywords

Emotion awareness; group recommender systems, group dynamics

1. INTRODUCTION

Group recommender systems aim to produce a set of items that satisfy the interest and preferences of their members. Examples include recommending music playlists for a party, tourist sites for a family, and movies to a group of friends. Earlier research has considered group recommenders as typical groupware that helps users to find optimal items collaboratively. Most methods to support collaboration have been translated into interfaces that visualize several crucial awareness factors [11] including membership, preference, and decision awareness. Besides supporting collaboration, members' social relationship and

interaction dynamics [8] were also identified as an important dimension for designing awareness tools [25]. For example, recent study results show that the more a user is familiar with other group members and the more s/he trusts them, the more s/he will like the items they proposed [20]. Other group members' judgments and emotions can also influence an individual's satisfaction in a group recommender [15] and thus presenting other members' emotional states towards recommended items would make it easier for users to accept items they do not like. However, researchers have not paid attention to the active design of affective interfaces that may influence group dynamics and improve group satisfaction.

In this paper, we describe the design process behind a set of dynamic emoticons. We are interested in understanding how they affect group dynamics and group satisfaction. The following is a motivational example:

Alicia, Victoria and several of their friends are using GroupFun, a music group recommender, to organize a party tonight. They will rate the songs that the group members have contributed. GroupFun will determine the final playlist. The more actively a member rates the songs, the more her preferences will be taken into account in the final playlist. In the traditional version, members can rate songs using a scale from 1-5 (least to most preferred). In the new version, they can not only provide their ratings but also describe how the music makes them feel using an emotion annotation tool. When Alicia is rating and annotating a song, she can "see" how Victoria and others feel as well as read their ratings.

In the above scenario, we refer to the functionality (which allows group members to annotate and visualize emotions) as **emotion awareness**. We designed and implemented a set of nine empatheticons (for empathy) for GroupFun based on the kinetic behaviors. **Empatheticons** represent emotions visually by applying a set of motion schemes to each individual user's profile picture. When multiple participants have annotated the songs with their emotions, GroupFun shows these dynamic emoticons in a continuous and animated way while the music is playing.

Results from two rounds of studies show that users can distinguish and recognize accurately the emotions presented by our empatheticons. In an in-depth laboratory study, participants indicated that empatheticons can enhance user-perceived togetherness and familiarity with other members' preferences, thus increasing their satisfaction with GroupFun. Additionally, users' emotional responses are not only influenced by the other group members, but also serve as a predictor of users' satisfaction for a group recommender. Our work extends the state of the art by designing an emotion awareness tool and investigating its impact on group dynamics and group satisfaction.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interacción'14, September 10–12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7...\$15.00.

2. RELATED WORK

2.1 User Issues in Group Recommender Systems

Jameson [11] studied some of the key user issues for group recommender systems and investigated several measures for promoting collaboration and coordination by designing user interfaces to enhance mutual awareness. In group recommender systems, mutual awareness is translated into a number of interface and interaction features to visualize member's presence, and to highlight other members' preferences and the decisions of the group as a whole [17]. We refer to these features as membership awareness, preference awareness, and decision awareness.

Membership awareness allows users to check which users are in the group, helps users to decide how to behave, and thus enhances trust within a group recommender. Membership awareness can be implemented in an online group by allowing the display of all members in a list [19, 28] or by notifying users when a new member joins [16]. Other group recommenders require users to cooperate in a face-to-face manner [17].

Preference awareness enables users to be aware of the preferences of other members. An important technique is collaborative preference specification (CPS), as presented in [11, 16, 17]. CPS has three functions [11]: 1) it enable users to persuade other members to specify similar preferences by giving them information that they previously lacked; 2) it supports explanations and justifications of a member's preference; and 3) it encourages assimilation to facilitate conflict minimization.

Decision awareness is a status in which users are aware of other members' decision-making processes. Decision awareness can be achieved through face-to-face discussions [17] or mediated agents [11, 13]. Travel Decision Forum aimed to bring the merits of face-to-face interaction to asynchronous communication by introducing animated characters, which visually represent group member's attitudes through gestures and facial expressions. However, these animated characters mainly aim at verbal arguments and negotiation between group members. Even though Masthoff and Gatt [15] addressed the theory behind the importance of social influence and emotional contagion in decision-making in group recommender systems, they did not provide a practical solution to emotion awareness features.

2.2 Emotion Awareness Tools in Computer Mediated Communication

Emotion awareness is not a new concept in groupware systems. A typical application area is computer mediated communication (CMC). Emoticons are an important kind of language of emotions utilized in CMC. They are approximate facial expressions simulated by a combination of certain keystrokes, and they are widely used in online communications, e.g. instant messaging and emails [26]. Studies [22] show that users who used emoticons in online communication were more satisfied than those who had no access to emoticons. Concretely, emoticons help users to perceive the correct emotion, attitude and attention intents of received messages [14].

There has been some work on animation to visualize emotions. Wang et al. [27] prototyped a chatting system that animated text associated with emotional information to show users' affective states. Their study results show that emotional sharing improves the accuracy of the perception of each other's meanings and enhances the user's chatting experience. Another dimension for communicating emotion is haptic feedback. A typical example is

Category	Explanations
Wonder	Happy, amazed, dazzled, allured, moved
Transcendence	Inspired, feeling of spirituality
Tenderness	In love, affectionate, sensual, tender
Nostalgia	Sentimental, dreamy, melancholic
Peacefulness	Calm, relaxed, serene, soothed, meditative
Energy	Energetic, triumphant, fiery, strong, heroic
Joyful activation	Stimulated, joyful, animated, dancing
Tension	Agitated, nervous, tense, impatient
Sadness	Sad, sorrowful

Table 1. Emotion Categories in Geneva Emotion Music Scale.

iFeel_IM! [18], which interprets user emotions through chatting messages and transmits them through an online avatar coupled to a haptic simulation apparatus. Cui et al. [2] used video recordings to deliver emotional responses and found emotional responses can enhance social interaction in close-knit groups.

However, in a group music recommender system, users listen to music continuously over 3--4 minutes, while in CMC users exchange information in a much shorter time frame. The different requirements for users' attention and experience flow drive us to explore other possibilities for communicating emotions in group music recommenders.

2.3 Emotion Categories

There have been various ways to represent emotions. The best-known model is Ekman's [5], represented by 6 basic human emotions (anger, disgust, fear, happiness, sadness, and surprise) and their relations to facial expressions. The Geneva Emotion Wheel [23] evaluates emotional responses related to objects, events and situations; it is a more refined model of emotion, incorporating 20 emotion categories. Besides these two general models, researchers have provided domain-specific emotion models, such as emotions related to products [4], visual interfaces [9], music [29], films [6] and pictures [1]. The above research shows that domain specific emotions can provide more accurate descriptions of users' emotions in the corresponding contexts. Most of these emotion categories are visually represented by facial expressions and body language [3, 9] using anonymous and non-personalized figures.

In this paper, we focus on emotions related to music. We selected the nine emotion categories from the Geneva Emotional Music Scale (GEMS-9) [29], which is considered as the first tool devised to measure music-evoked emotions. Table 1 explains these nine categories.

2.4 Kineticons

We were motivated to use the concept of kineticon [7] -- an iconographic motion technique -- for visual representation for two reasons. First, research has shown that motion is one of the most prominent types of affective response to music [10], as opposed to text or colors. Second, watching a user (i.e., his profile picture) dance or move brings more intimacy than a neutral avatar. See Section 3 for the design rationale.

Apple Inc. was one of the earliest companies that integrate motion icons. A typical example is an application icon in the dock of the Mac OS. When a user clicks on an icon to launch an application, the icon jumps in the dock to indicate that the application is preparing to launch. Harrison et al. [7] also established a set of 39 kinetic behaviors, such as spin, bounce, running, etc. These kineticons are designed based on the following sources: 1) biological motion, i.e., animal and human body motions; 2) gestures, e.g., head nod, shoulder shrug, thumbs up; 3) organic motion, e.g., blossoming of a flower, beating of a heart; 4) mechanical motion, e.g., toggles, knobs, buttons and sliders; 5) physical and natural effects, e.g., how a leaf falls from a tree or paper folds; and 6) cartoon conventions, which are exaggerated translations of animation to 2D graphical interfaces. These inspirations provided us with guidelines for designing our empatheticons.

Up till now, kineticons were designed to convey the status of a system in a graphical interface. Our work is novel, as it exploits kineticons as a means to visualize emotions.

3. EMPATHETICONS: EMOTION CUES IN GROUP RECOMMENDER SYSTEMS

3.1 What is an empatheticon?

An **emphateticon** is a set of pre-defined motion frames (or deformations) to visualize an emotion, which could be adapted to any given pictures. Given that every member has a profile picture in GroupFun, we design empatheticons to present each group member's emotions by applying motion features to the profile pictures. Currently, empatheticons present the nine music-evoked emotions in GEMS-9. The empatheticons are implemented as a library on Android system, with a specified emotion and a picture as input and a kinetic animation as output.

By applying the empatheticons, GroupFun allows a user to specify

his/her emotions when listening to a group song. We herein refer to the process as **emotion annotation**. The emotions will display as an animated profile picture of the user who annotates. These annotations are temporal and can last as long as the song itself. The user can change his/her emotions and thus a song can have different labels at different time. Group members can see the user's emotions and vice versa. Empatheticons are so far best suited for the following two criteria [3].

- **Intimacy**: an animated profile picture can convey intimacy better than an anonymous and non-personalized emoticon;
- **Immediacy**: 1) they are more vivid because of their animation nature; 2) an animated profile picture can last as long as the song itself; 3) the emotions they express change during the song so they give more emotional nuances.

3.2 Design Procedure

We first selected one song for each emotion category as a starting point to design the empatheticons. The music was selected by referring to Zentner's criteria [29] and covered four genres: classical, jazz, pop/rock, and techno.

3.2.1 Choice of Emotion Presentations

We first identified the mental model of emotion presentation related to music. Besides Harrison's inspiration sources for kineticons, we also referred to the emotion metaphors summarized by Kovecses [12]. The reported emotions include anger, fear, happiness, sadness, love, lust, pride, shame and surprise. We were inspired by the metaphors of anger (for tension), happiness, sadness, love (for tenderness), surprise (for wonder) and pride (for transcendence). For example, we designed *joyful activation* (abbreviated as *joyful*) using the metaphor 'leaving the ground and up in the air' and *sadness* using the metaphor 'lowering down'. For *nostalgia* and *peacefulness*, which were not covered by Kovecses, we took videos of people's body expressions in daily




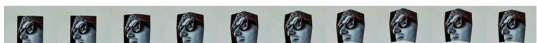

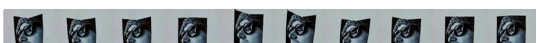
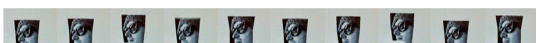
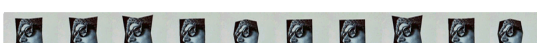

Emotions	Inspirations	Descriptions	Animation timeline
Wonder	Biological	A person swaying his body from left to right, trying to discover what happened.	
Transcendence	Biological	A light object ascending and descending quietly and slowly.	
Tenderness	Biological	A person rocking the cradle from left to right slowly.	
Nostalgia	Biological	A person breathing deeply.	
Peacefulness	Physical	Water surface changing flexibly and adaptively.	
Energy	Biological	A rugby player performing 'The Haka' dance.	
Joyful	Biological	A person jumping up and down with expectation.	
Tension	Mechanical	An object expanding and shrinking intensely.	
Sadness	Gesture	A person lowering her head slowly.	

Table 2: The design inspirations of empatheticons and their animation sprites.

life, concerts and parties when they were listening to music. The videos also worked as a source to refine empatheticons that were already designed. Other information sources include online videos, television, etc. Table 2 lists the outcome of empatheticon design, inspirations, descriptions and visual illustrations.

3.2.2 Creation of Empatheticons

We started creating empatheticons by the low-fidelity prototype, i.e., sketches based on deformation to a square. This is followed by high-fidelity (Hi-Fi) prototypes using Adobe Flash. Hi-Fi prototypes also helped us to get feedback from users before implementation. We then implemented the empatheticons by texture mapping in OpenGL ES 10. We chose OpenGL to overcome limitations of Android Animation API, which only supports affine transformation, such as rotation and scaling. Each picture was divided into a 2x2 grid, which yielded 9 control points. These points served as the boundary of an image and defined the animation of a picture. OpenGL then created a new image by deforming the original one and interpolating colors. The resulting animation is composed of a series of images displaying at 30 frames per second.

3.2.3 Verification of Emotion-Animation Mapping

Before integrating empatheticons into a group recommendation system, we investigated whether people could correctly identify the empatheticons as the emotional states that they intended to represent. We recruited 15 students and researchers, 11 males and 4 females aged between 22 and 33 ($M = 26.8$, $SD = 1.9$). Participants went over the nine empatheticons one by one, and chose the emotion that they perceived from a given set of options. Results showed that six out of the nine empatheticons were correctly guessed, meaning that the proportion of the option that is supposed to be chosen outweighed the proportion of other options (Table 3). Note that Table 3 only lists the two most frequently chosen emotions. More specifically, few people mistook *tension* and *sadness*. *Energy* (guessed as *wonder*), *peaceful* (guessed as *nostalgia*), and *tenderness* (guessed as *peaceful*) appeared to be ambiguous. The rest of the empatheticons were correctly recognized only by a small margin.

We revised empatheticon design based on feedback collected from participants. We made the *energy* empatheticon more vivid by increasing the intensity of rock gesture and adding short pauses when ‘the foot stepped on the ground’. While participants agreed that *peaceful*, *tenderness* and *nostalgia* were difficult to separate and sometimes co-existed, they suggested us to pay more attention to details when illustrating sublime emotions. We thus changed the metaphor of *peaceful* from tranquil water surface to gentle ripples. We also improved *tenderness* by adding feet movement

Wonder: wonder = 53.3%; nostalgia = 40%
Transcendence: transcendence = 53.3%; peaceful = 46.7%
Tenderness: peaceful = 46.7%; tenderness = 40%
Nostalgia: nostalgia = 40%; wonder = 33.3%
Peaceful: nostalgia = 60%; tenderness = 26.7%
Energy: wonder = 46.7%; energy = 40%
Tension: tension = 80%; energy = 13.3%
Joyful: joyful = 53.3%; energy = 47.7%
Sadness: sadness = 73.3%; tenderness = 20%;

Table 3: Percentages of selected labels for empatheticons.

Categories	M	SD
Wonder	3.51	1.21
Transcendence	3.32	1.23
Tenderness	3.88	1.04
Nostalgia	3.83	1.10
Peacefulness	4.20	0.95
Energy	4.27	0.87
Joyful	4.43	0.77
Tension	3.98	1.01
Sadness	4.20	0.90
Overall	4.20	0.65

Table 4: Average ratings for empatheticons in representing emotions in music context.

when a person was waving a cradle.

Since we aimed to employ empatheticons in the context of listening to music, we conducted a second round of verification to see to what extent the animations could adequately express the emotions evoked by music, with a group of 42 students (27 males and 15 females) pursuing different levels of educational degrees (bachelor, master or Ph.D.). Five participants were Asian, and the rest were European. None of them have participated in the previous round of verification. This time, a piece of background music accompanied each of the empatheticons. We asked participants to rate, on a scale of 1 to 5, how well the given empatheticon represented the emotion perceived in the corresponding music. We also encouraged participants to provide comments on the design.

Table 4 shows the average acceptance and standard deviations of the empatheticons in representing music-evoked emotions. Most ratings of the empatheticons are above 3.5, indicating that users accepted the empatheticons and believed that they are recognizable. Particularly, *joyful* is considered the most representative ($M = 4.43$, $SD = .77$). This is mainly due to the vividness of ‘jumping’ metaphor, as reported by participants. Only the average rating of *transcendence* is below 3.5, with highest standard deviation compared to other empatheticons. A major reason of the lower average rating is reported as users’ understanding of the emotion of transcendence per se. As users pointed out in the comments: “It’s difficult to rate this one because I am not very familiar with this word, but I do think the animation matches the feeling expressed in the song very well.” Since many comments expressed that the empatheticon *transcendence* can well present the feelings embed in the song ($N = 22$), we decided to accept the current version of *transcendence*.

In summary, participants can well recognize the emotions represented by the empatheticons, especially in the context of music listening. Furthermore, to well present an emotion with an empatheticon, it is essential to choose a representative metaphor and delineating the details of the animation.

3.3 Integration of Empatheticons in GroupFun

After verification, we integrated empatheticons in GroupFun. Users can log in to GroupFun with Facebook accounts, create and join a group, invite members, upload music, and listen to a common playlist. They can specify music preference by rating the songs provided by GroupFun. GroupFun will generate music playlists by aggregating group members’ ratings. We do not

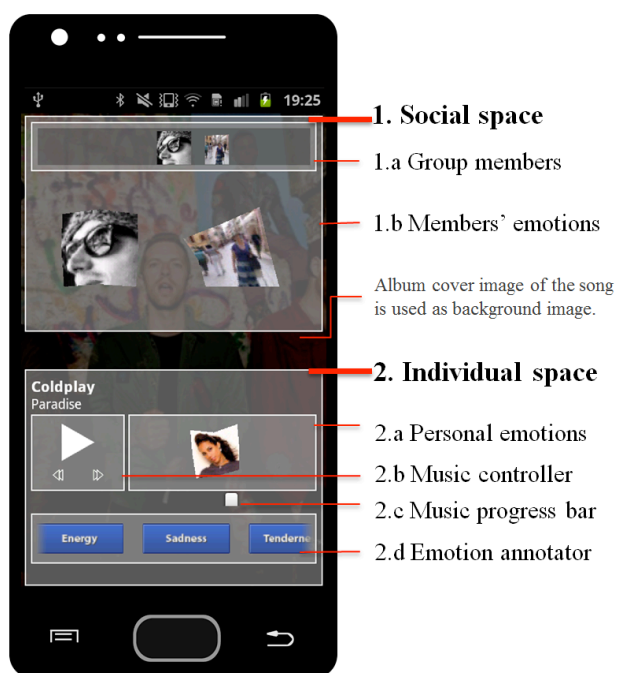


Figure 1. Integrating empatheticons to GroupFun.

discuss the preference aggregation method since it is out of scope of this paper.

Group music interface contains two sections (see Figure 1). Section 1 is a social space, which consists of Facebook profile pictures of all group members (1.a) and emotional states of members that a user chooses to see (1.b). If a member in Area 1.b changed emotion at the timeline of the song, his/her empatheticon updates accordingly. Section 2 is an individual space, including the name and artist of the music, music controller (2.b), current emotion of the user (2.a), music-player progress bar (2.c) and emotion selection area (2.d). Users can slide from left to right in Area 2.d to browse all nine emotions. For example, Alicia is listening to the song ‘Paradise’ by *Coldplay*. She feels energetic at the beginning, and thus selects *energy* from Area 2.d. She then drags the profile pictures of her friends Lucas and Victoria from Area 1.a to 1.b, from where she noticed that Lucas was feeling *nostalgia* and Victoria was feeling *wonder*. When the song approaches the climax, Alicia feels differently and changes his emotion to *joyful*.

4. EVALUATION OF THE USE OF EMPATHETICONS IN GROUPFUN

To assess the impact of empatheticons in GroupFun, we studied how users may use, perceive, and react to empatheticons when using this group music recommender system. In particular, we investigated *whether* and *how* the group members’ emotion could influence a user’s behavior.

We decided to conduct a study in our laboratory to make an in-depth observation of the participants and collect their comments when they were using the system. Each participant was invited to the laboratory individually to mimic a non-collocated and asynchronous music-listening scenario. To understand whether and how a user may be influenced by his/her group members’ annotations, we preset group members’ annotations, which we call **manipulation**. The total number of group members’ annotations is set as a controlled variable. The manipulation was not revealed

to participants until after the study was completed. This is another reason why we decided to conduct an in-lab study. Both quantitative and qualitative methods were used to analyze the results.

Emotion annotations were logged to analyze the correlation between a user’s emotion annotations and his/her group members’. A post-study questionnaire (see appendix) was used to assess user experience such as user-perceived intimacy, immediacy and their satisfaction with the system. The questionnaire was designed based on ResQue model [21], which assesses quality of user experience of a recommender system, and Tu et al.’s measurement of social presence in online learning environment [24]. Each question was responded on a 5-point Likert scale. Pearson correlation analysis was used to investigate the relationship between the survey items and annotations.

Participant observation method was used to gain an in-depth understanding of how users used empatheticons and their impacts on GroupFun. Participants were encouraged to think aloud during the study. The process during which users interacted with GroupFun was audio-recorded for further analysis. Additionally, each question in the post-study survey was followed by a text area so that the participants could provide comments.

4.1 Participants

We recruited 18 participants in 6 groups, each group consisting of 3 members. They were recruited on campus via word-of-mouth. The 6 groups were made of friends, classmates or colleagues. All the participants had Facebook accounts. The participants included 8 females and 10 males from 9 different countries in Europe and Asia (Switzerland, Spain, Korea, China, etc.). Their ages ranged from 18 to 28 ($M = 24.9$, $SD = 2.3$). All of them were currently using smartphones and were familiar with listening to music on smartphones. At the end of the study, all participants were rewarded with a specially designed music-theme USB stick.

4.2 Material

We installed GroupFun on Samsung Galaxy SII 9100 with Android OS 2.3.2. A desktop computer with a 22-inch wide-screen display was used for participants to fill in the post-study questionnaire. We provided them with a list of 9 emotions and explanations on an A4 paper. We also observed user behavior and logged down on paper.

To prepare for the manipulation, we first selected 20 songs from top tracks in Last.fm to cover various genres. The length of the songs ranged from 2.9 to 4.8 minutes ($M = 3.56$). We then preset the emotions for all participants. The preset emotions were collected by inviting two students from the university music association to annotate the songs. We also controlled the number of each song’s annotations so that the annotation count of the 20 songs is evenly distributed, i.e., from 5 to 22. We randomly assigned the number of preset annotations of each song by lottery. We then randomly filtered the annotations to meet the controlled number. The categories of preset annotations ($n = 247$) for the 20 songs were distributed as follows: *energy* 11%, *joyful* 18%, *nostalgia* 6%, *peacefulness* 12%, *sadness* 7%, *tenderness* 9%, *tension* 10%, *transcendence* 18% and *wonder* 8%. Finally, we employed another two students to double-check the preset annotations to avoid obvious inappropriate emotions of the songs.

4.3 Procedure

Each participant scheduled one hour with us and provided their Facebook homepage via email. We obtained their Facebook ID from Facebook Graph API and created a group for the participant

and his/her two group members in GroupFun. Upon arriving in the laboratory, participants were informed that their group members had participated in the study prior to them, regardless of the actual participation time. For participants who had already known their group members' experiment time, we told them that their friend(s) have rescheduled the time.

Participants were first debriefed about the scenario (same as in Introduction) and procedure of the experiment. They then logged in to GroupFun with their Facebook accounts, entered their group and familiarized themselves with the interface (see Figure 1) using a warm-up song. They practiced to annotate songs with empatheticons and watched their group members' emotions, which were also manipulated. The warming-up session lasted for an average of 2.4 minutes (Max = 3.2, Min = 1.2).

Afterwards, they started to listen to 10 songs randomly shuffled from the 20 songs that we had chosen. They could annotate emotions during the timeline using empatheticons. This procedure took up to 40 minutes. Finally, they filled in the post-study questionnaire.

At the end of experiment, we informed the participants of the manipulation in the study, including the fact of presetting emotion annotations and their group members' actual participation time.

4.4 Results

Overall, users found empatheticons easy to use ($M = 4.65$, $SD = .61$), easy to learn ($M = 4.59$, $SD = .94$) and entertaining to use ($M = 4.24$, $SD = .66$). Users also considered empatheticons as a useful tool in GroupFun ($M = 4.18$, $SD = .72$). This subsection reports user evaluation of empatheticon interface and how empatheticons affected user-perceived immediacy, intimacy, group dynamics in GroupFun.

4.4.1 Immediacy

We first assessed the immediacy of empatheticons. By immediacy, we refer to the system's ability to allow users to instantly feel each other's emotions and presence. According to [30], an individual's sense of being with others and immediacy of social interaction are psychological phenomena. User report is conventionally used as a subjective measurement.

User-perceived immediacy is evaluated by Q7 "I immediately felt my friends' emotions." ($M = 4.18$, $SD = .53$). User perceived social presence is assessed by Q8: "I felt I was listening to music with my friends" ($M = 4.24$, $SD = 1.03$). The results indicate that users could immediately feel group members' emotions and effectively perceive members' social presence, which we refer to as perceived togetherness. Furthermore, eight users have elaborated on perceived togetherness in their comments. For example, User 7 remarked, "*I really like to see what my friends' feeling at the moment I was listening, made me feel like we were listening to music together, have more fun.*" These comments further provide evidence that empatheticons could enhance user-perceived togetherness.

By observing users, we also found cues of user enjoyment brought by perceived immediacy and togetherness. All users laughed when they saw their friends' profile pictures jumping and dancing. Some users (User 2 and 18) even stood up and danced together with the empatheticons. The excitement was more obvious when the participant changed the emotion *concurrently* with her friends. User 16 laughed loudly and showed a surprising face when she changed to *joyful* simultaneously with her friend. As she said: "*It's impressive that we start to change all at once when the song reaches climax.*" The excitement also came when all members in

a group were exhibiting the same emotion and movement. As User 12 remarked, "*It is exciting to see all of us jumping together. It looks like a group-dance.*" The above observation further explains the statistical correlation between user-perceived togetherness and entertaining of use.

4.4.2 Intimacy

We also evaluated whether empatheticons could improve intimacy. By intimacy, we refer to the system's ability to bring familiarity and friendship to its members. Similar to immediacy, intimacy is also a subjective metric [30] and we evaluated it through self-report.

Users were asked to rate to what extent they paid close attention to their friends' emotional responses (Q9). Results ($M = 4.53$, $SD = .62$) indicated participants had attentively watched their group members' feelings during the music timeline. We also discovered some patterns of how users paid attention to group members' emotions. First, users showed interests in comparing their emotions with their friends'. As User 10 commented, "*Every time he changed, I started to think why he changed, am I feeling the same, and should I change?*" At a point when both friends changed to the same emotion, User 8 naturally asked whether he should also change accordingly. Users also expressed doubt when what they felt was obviously different from other members' emotions. As User 2 remarked, "*I really want to ask him how he can stay calm in such a joyful song!*" Additionally, users also showed excitement and pride when they selected an emotion which was immediately followed by other group members (User 18). Furthermore, users showed high enthusiasm in understanding group members' music tastes. For example, User 14 reported proudly, "*I think I have found their pattern: less active at the beginning and gradually becoming active. From the frequency of emotion changes, I can guess how much they like the song.*"

Users also pointed out empatheticons' potential in enhancing friendship. This mainly refers to the tendency to share emotions and interact more with group members. "*I'm more motivated to interact with them. No need to input any text (yeah!!), but using a very cute way to dance together with them. I really feel we were spending time together.*" commented by User 3. His group mate, User 2, also commented, "*Looking at my boyfriend's profile picture soon brings me to think I'm spending time with him. Maybe he is trying to pass on messages in the music.*"

4.4.3 Group Dynamics

Furthermore, we studied group dynamics by examining whether group influence exists when using empatheticons in GroupFun. By group influence, we refer to members' impact on each other. We investigated group influence by both subjective metric and annotation logs.

Perceived group influence was subjectively measured by Q10 of post-study questionnaire, which asked users to rate to what extent their friends' emotions had influenced theirs. Participants' answers have a high deviation ($M = 3.53$, $SD = 1.07$). The distribution of the rating is also scattered, with $p(2) = 17\%$, $p(3) = 35\%$, $p(4) = 24\%$, $p(5) = 24\%$, which shows diverse levels of perceived group influence. Users' different attitudes were also reflected in their comments. For example, User 2 showed her willingness to be consistent with other members in her comments, "*It's more interesting to see everyone in the group moving and dancing together in the same style. That makes the experience more harmonious and brings more fun!*" Some participants felt satisfied when their feelings gradually became closer to their friends'. As User 13 commented while listening to music, "*I don't*

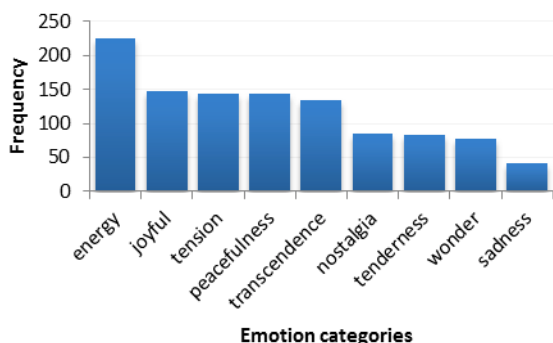


Figure 2: Distribution of annotations by emotions.

want to behave too differently from other members. It might be embarrassing.” Some participants were unconsciously influenced by members. For example, User 6 reported, “When I saw my friends changing emotions, I naturally wanted to change mine.” By contrast, some participants were less willing to be influenced by others. User 4 is a typical user who wanted to be unique in a group, “I don’t want to appear the same as them. Imagine you were in a party. How boring it would be if everyone is the same!” User 16 also mentioned that he was hardly influenced by others, “For me, listening to music is a conversion with myself. I would rather listen to my heart how I felt about the music.” Therefore, while empatheticons help us to discover group influence in GroupFun, whether users are actually influenced by group members’ emotions may differ from individual to individual.

We also found cues of group influence by analyzing annotation logs. We first present a descriptive statistical analysis of annotations. We have collected a total of 1081 annotations from the 18 users. Users have provided an average of 60.1 annotations using empatheticons (Max = 112, Min = 38, SD = 5.04). The distribution of annotations by emotion is shown in Figure 2. The most frequent emotions are *energy* ($n = 225$, $p = 21\%$) and the least frequent one is *sadness* ($n = 43$, $p = 4\%$).

We then calculated each user’s emotion agreement, defined as the case when the selected emotion is the same with at least one group member at the time of annotating. Dividing by the user’s total annotation count, we calculated the **agreement rate**, with the highest at 50.0% and lowest at 8.3%. Admittedly, the agreement could also result from emotions evoked by music per se.

We further examined the impact of group members’ activeness in annotation. We measured *activeness* using the number of annotations. Since group members’ annotations were actually manipulated, we evaluated the relationship between the number of user annotations and preset annotations. Figure 3 shows the distribution of preset annotation count and the average annotation count (with minimum and maximum) for each song. By preset annotation count, we mean the sum of two group members’ annotations. A two-tailed Pearson correlation test showed an approximately significant correlation ($r = .425$, $p = .079$) between the preset annotation count and users’ average annotation count of each song. It indicates that the more active the group members are, the more annotations a user is likely to provide.

5. CONCLUSIONS

In a group recommender system, mutual awareness is crucial for users to gain a better understanding of each other’s preferences. It is also an essential element in maximizing group satisfaction. To

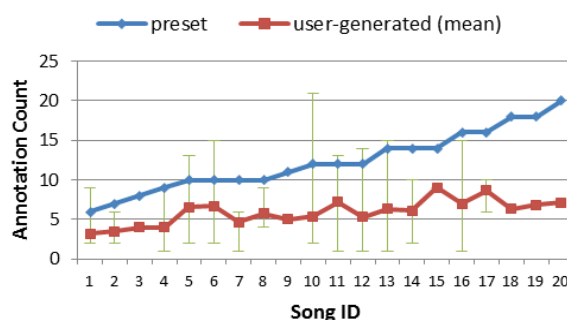


Figure 3: Annotation count: preset vs. user generated (mean). User-generated annotations come from two users.

achieve mutual awareness, prior studies have presented solutions in membership awareness, preference awareness and decision awareness. In this work, we investigated emotion awareness and its impact in promoting group satisfaction. We first designed a set of interface elements called empatheticons. These empatheticons were verified and improved during two initial verification studies, showing that users could easily map the empatheticons to their respective emotions in a musical context. The empatheticons were then integrated in an empirical environment -- GroupFun -- to validate our hypotheses. In an in-depth user study, we showed that empatheticons could effectively enhance users’ perceptions of togetherness, i.e., the feeling of listening to music together with friends. Additionally, empatheticons also served as a useful tool with which users can provide emotional annotations and familiarize themselves with group members’ preferences. Furthermore, the number of a user’s annotations was found to be influenced by other members’ and enable positive group dynamics.

A few limitations are worth mentioning. Firstly, our study was conducted in the laboratory with manipulation. An in-situ study can bring us with further insights into the use of empatheticons. Additionally, we investigated GroupFun with empatheticons to obtain an in-depth understanding of users’ attitudes and behavior patterns. In the future, we will compare our findings to GroupFun without empatheticons.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This research is supported by Swiss National Science Foundation. We thank all our users for their participation. We are also grateful for anonymous reviews for their insightful comments.

7. REFERENCES

- [1] Bradley, M. M. and Lang, P. J. Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology* 37, 02 (2000), 204-215.
- [2] Cui, Y., Kangas, J., Holm, J., and Grassel, G. Front-camera video recordings as emotion responses to mobile photos shared within close-knit groups. *Proc. CHI 2013*, ACM Press (2013), 981-990.
- [3] Derks, D., Bos, A. E., and Grumbkow, J. V. Emoticons and social interaction on the Internet: the importance of social context. *Computers in Human Behavior*, 23, 01 (2007), 842-849.
- [4] Desmet, P. Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products. *Funology* 2005. Springer (2005), 111-123.

- [5] Ekman, P. Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, 4, (1999), 5-60.
- [6] Gross, J. J. and Levenson, R. W. Emotion elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9, 1, (1995), 87-108.
- [7] Harrison, C., Hsieh, G., Willis, K. D., Forlizzi, J., and Hudson, S. E. Kineticons: using iconographic motion in graphical user interface design. *Proc. CHI 2011*, ACM Press (2011), 1999-2008.
- [8] Herr, S., Rösch, A., Beckmann, C., and Gross, T. Informing the design of group recommender systems. *Ext. Abstracts CHI 2012*, ACM Press (2012), 2507-2512.
- [9] Huisman, G., van Hout, M., van Dijk, E., van der Geest, T., and Heylen, D. LEMtool: measuring emotions in visual interfaces. *Proc. CHI 2013*, ACM Press (2013), 351-360.
- [10] Jaimovich, J., Coghlan, N., and Knapp, R. B. (2012). Emotion in motion: A study of music and affective response. *Proc. CMMR 2012*.
- [11] Jameson, A. More than the sum of its members: challenges for group recommender systems. *Proc. AVI 2004*, ACM Press (2004), 48-54.
- [12] Kövecses, Z. *Metaphor and emotion: Language, culture, and body in human feeling*. Cambridge University Press, 2003.
- [13] Kudenko, D., Bauer, M., and Dengler, D. Group decision making through mediated discussions. *Proc. UM 2003*, Springer (2003), 238-247.
- [14] Lo, S. K. The nonverbal communication functions of emoticons in computer-mediated communication. *CyberPsychology & Behavior* 11, 5 (2008), 595-597.
- [15] Masthoff, J. and Gatt, A. In pursuit of satisfaction and the prevention of embarrassment: affective state in group recommender systems. *UMUAI 16*, 3-4 (2006), 281-319.
- [16] McCarthy, J. F. Pocket restaurantfinder: A situated recommender system for groups. *Proc. Workshop on Mobile Ad-Hoc Communication 2002*.
- [17] McCarthy, K., Salamó, M., Coyle, L., McGinty, L., Smyth, B., and Nixon, P. CATS: A Synchronous Approach to Collaborative Group Recommendation. *Proc. FLAIRS 2006*, 86-91.
- [18] Neviarouskaya, A., Prendinger, H., and Ishizuka, M. EmoHeart: conveying emotions in second life based on affect sensing from text. *Adv. in HCI. 2010*, ACM Press (2010).
- [19] O'connor, M., Cosley, D., Konstan, J. A., and Riedl, J. PolyLens: a recommender system for groups of users. *Proc. ECSCW 2001*, Springer (2002), 199-218.
- [20] Pu, P. and Popescu, G. Eye-tracking Group Influence - Experiment Design and Results. <http://hci.epfl.ch/publications/2012/EyeTrackingGI.pdf>
- [21] Pu, P., Chen, L., and Hu, R. A user-centric evaluation framework for recommender systems. *Proc. RecSys 2011*, ACM Press (2013), 157-164.
- [22] Rivera, K., Cooke, N. J., and Bauhs, J. A. The effects of emotional icons on remote communication. *Proc. CHI 1996*, ACM Press (1996), 99-100.
- [23] Scherer, Klaus R. What are emotions? And how can they be measured? *Social science information* 44, 4 (2005), 695-729.
- [24] Tu, C. H. The measurement of social presence in an online learning environment. *E-learning* 1, 2, (2002), 34-45.
- [25] Vetere, F., Smith, J., and Gibbs, M. Phatic interactions: Being aware and feeling connected. *Awareness systems 2009*. Springer (2009), 173-186.
- [26] Walther, J. B. and D'Addario, K. P. The impacts of emoticons on message interpretation in computer-mediated communication. *Social Science Computer Review* 19, 3, (2001), 324-347.
- [27] Wang, H., Prendinger, H., and Igarashi, T. Communicating emotions in online chat using physiological sensors and animated text. *Ext. Abstracts CHI 2004*, ACM Press (2004), 1171-1174.
- [28] Yu, Z., Zhou, X., Hao, Y. and Gu, J. TV program recommendation for multiple viewers based on user profile merging. *UMUAI 16*, 1, (2006), 63-82.
- [29] Zentner, M., Grandjean, D. and Scherer, K. R. Emotions evoked by the sound of music: characterization, classification, and measurement. *Emotion* 8, 4, (2008), 494-521.
- [30] Zhao, S. Toward a taxonomy of copresence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12, 5, (2003), 445-455.

Appendix: Survey questions in User Study

- Q1: Overall, the emotion interface has successfully visualized the emotions in a musical context.
- Q2: The emotion interface is useful in GroupFun.
- Q3: The emotion interface is easy to use.
- Q4: The emotion interface is easy to learn.
- Q5: The emotion interface is novel.
- Q6: The emotion interface is entertaining to use.
- Q7: I immediately felt my friends' emotions.
- Q8: I felt I was listening to music with my friends.
- Q9: I paid close attention to my friends' emotions while listening to music.
- Q10: My emotion annotations were influenced by those of my friends.
- Q11: The songs recommended by GroupFun fit my tastes.
- Q12: The songs recommended by GroupFun fit my friends' tastes.
- Q13: I am satisfied with group experience with GroupFun.
- Q14: I would like to use GroupFun again in the future given the opportunity.

From Analogue to Digital: Emotions and Phenomena Influencing the Acceptance of Near-Field Communication Technology

Annamaria Andrea Vitali

Politecnico di Milano

Design Department

Via Durando 38/A Milano, Italy

annamaria.vitali@mail.polimi.it

Lucio Bianchi

Politecnico di Milano

DEIB Department

Via Ponzio 34/5 Milano, Italy

lucio.bianchi@polimi.it

Shan Chen

Politecnico di Milano

DIG Department

Via Lambruschini 4/B Milano, Italy

shan.chen@polimi.it

ABSTRACT

This work presents an initial analysis of phenomena that influence the acceptance of Near-Field Communication technology (NFC) from an emotional point of view. The objective is to experiment the analysis of emotions as a design method to outline useful insights for designer. Even if the NFC technology is ready to grant safe users experience for payment and access to places, it is facing difficulties reaching user's acceptability. The paper will compare emotions and cognitive processes characterizing actual analogue experiences to digital ones supported by NFC. As a result a framework of design guidelines for engaging NFC services will be provided. Emphasis is given to the gestures involved in the interactive experience, potential metaphor and NFC dedicated devices.

Categories and Subject Descriptors

D.2.2 [Design Tools and Techniques]: User Interfaces.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Emotional Design; Interfaces; Near-Field Communication; User's acceptance; Semantic networks; Gestures.

1. INTRODUCTION

Customer's acceptance is the key to success of technological solutions and has been an active field of research from decades. In this contribution, we aim at defining a methodology to study people's acceptance from the point of view of design of emotions. Technicians and technology experts usually propose an innovative solution describing its advantages in optimizing different processes of everyday life. However, people's acceptance of such solution is never immediate, because, according to us, the use of technologies is tied to people's emotions. We mean that innovative solutions have not to be simply functional, but they need to satisfy people's tacit expectations, attitudes and emotions [13]. Here, as a case study, we consider the application of Near-Field Communication technology (hereafter shortened to NFC) in different application scenarios: mobile payment and access control. In particular, we will study the interfaces and the gestures that are involved in the interactive experience.

We are interested in analyzing the different cognitive and emotional responses elicited in users with and without the

introduction of NFC. For this purpose, we differentiate between two domains of expertise: analogue experiences, when people interact with legacy objects, i.e. objects that are not designed to be "smart"; digital experiences, i.e. experiences that are mediated through human-computer interaction. In order to perform this analysis, we will employ different kind of representations to model the interaction. We will adopt semantic networks to model the relationship between concepts both from linguistic and interactive perspectives. Finally, we will provide some guidelines to drive the design process in order to address the problem of people's acceptability of new technologies.

1.1 NFC Technology

Near-Field Communication is a wireless communication standard that enables the exchange of data over short distances [2]. In NFC a first device, called initiator, must be an active (powered) device and is responsible to start the communication. A second device, which can be even a passive device, is called target and captures the initiator's request. The communication starts when the initiator gets close to the target and generates an electromagnetic field that powers the target device [2,9].

NFC provides three different operation modes to govern the communication between the initiator and the target. Peculiarities of each mode are shown in Table 1.

Table 1. Peculiarities of the NFC operating mode [12]

	Card Emulation Mode	Reader/Writer Mode	Peer-to-Peer Mode
Benefits	Elimination of physical objects; access control	Decrease physical effort; increased mobility; ease of implementation;	Easy data exchange

In reader/writer mode an NFC device acts like a RFID reader/writer, as it can read (write) data from (on) appropriate transponders. Consider, for example, smart poster applications in which users are able to read data from an NFC-enabled poster using their active devices (e.g. smartphones). After receiving data from the poster, the user is allowed to walk away still being able to continue reading data from its mobile active device.

In card emulation mode the NFC device emulates a smart card. A secure element is required that provides a secure environment to prevent unauthorized access to private data [3]. Consider, for the sake of an example, payment applications. In this application scenario, the user could be able to pay with his smartphone while in legacy payment methods he should pay using cash or credit/debit cards. The third operation mode is the peer-to-peer mode, in which data are exchanged between two active NFC devices at link level. For example, peer-to-peer applications have

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. INTERACCION'14, September 10–12, 2014, Puerto de la Cruz, Spain. Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 \$15.00.

been developed to exchange business cards by making two NFC-enabled devices to touch.

2. LIMITS IN THE ACCEPTANCE OF NFC

From a design perspective, the peculiarities enlightened in table 1, imply the digitalization of user experience: tools and interfaces move from analogue to digital world, changing interactive paradigms and conceptual models. Indeed, money, keys and information are virtually transferred into a single digital device, the NFC-enabled smartphone. We believe that this integration is a key problem in the acceptance of such applications of the technology. While the smartphone is considered as a fashion and entertainment-oriented device, wallets, money, keys and badges are perceived as private objects to be protected. For the sake of an example, consider the common usage of a smartphone, which is often exposed to the sight of others, leaving it outside the bag. On the other hand, wallets and keys are usually kept in safe environments, hidden from sight, except when we use them. We believe that user perceives and associates different aims to smartphone and wallet that are incompatible from an emotional point of view.

The change of paradigm of interaction between analogue and digital applications was a well-studied problem in the interaction design area; since the introduction of the first desktop computers, interaction designers employ metaphors to support user's cognitive processing in graphical user interfaces, i.e. desktop metaphors. Norman in [10] described the difficulties he found in the acceptability of new interactive models and graphical user interfaces. The causes were found into the differences between the legacy user mental model and the effort required to interact with new digital devices and software. However, despite usability objectives, we intend to explore emotional and cognitive phenomena that are elicited by perceptive and interactive attributes of the experience, making a comparison between the uses or not of the NFC. We support the idea that today designing interactive systems it's important to consider emotions and expectations of users, beyond usability issue [4,5]. Which are the advantages or disadvantages of digitalization? Which are the attributes of design influencing the desirability of digital technologies?

2.1 Modeling Interactive Experiences

This section introduces the modeling tools and discusses an analysis of the interactive experiences in a legacy scenario. We explored two application scenarios, namely payment and access control, focusing our discussion on the respective tools and interfaces, i.e. wallets, smartphones and keys. We follow a design of emotions method, trying to identify which aspects of the interactive experience affect perceptions and emotions of users. Actually, according to our approach emotions are related to perceptions of users that are tied to external stimuli collected and elaborated by different areas of our brain [6]. We agree on the following definition of emotions: a status determining behaviours and reactions to external stimuli [6, 12]. Furthermore, simple perceptions and complex perception may elicit different type of emotions [8, 14] through different perception channel. Designing for complex perceptions based on metaphor [7] allow creating complex systems eliciting different type of emotions at the same time. Through the use of semantic nets [8, 15] we firstly compare the different interactive models, with or without the NFC, enlightening the relationship between interactions, perceptions and emotions, then we enlightened the limits of current NFC services, providing design guidelines to improve the acceptability of future scenarios.

2.1.1 Payment Process

Firstly, we considered the wallet as the central object for the traditional payment process (Fig.1, 2). From a joint analysis of the two representations, we extracted the following features of wallet:

- A personalized item: users can choose forms, colours, style.
- It is organized visually: it contains money, but also business card, personal stuff (photo, tickets, receipts, gadgets).
- Multisensory signals: it changes weight, colour, it is soft at touch, it smells leather.
- Value association: in some cases it is a status symbol and a fashion choices.

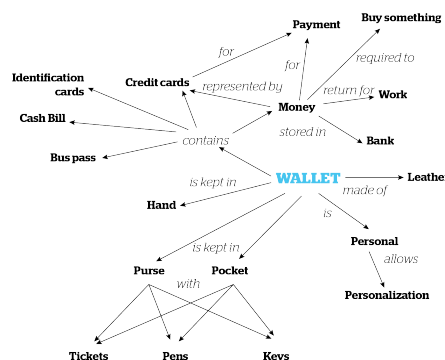


Figure 1 Linguistic semantic net for the wallet

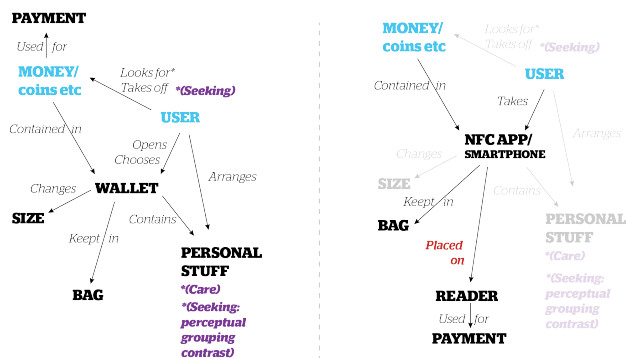


Figure 2 Interaction nets for the wallet. Analogue interaction (left) and digital interaction (right).

From a cognitive point of view, in analogue interaction (Fig.2, left), users collects distinct stimuli: he knows where to look for, he visually evaluates how much cash he still owns, he can group objects inside the wallet, he can remind memories from photos and express his status showing a specific type of wallet of a specific brand. From an emotional point of view, *seeking* as defined in [12] is one of the primary emotions involved in this process: the stimuli collected during interaction elicit other secondary emotions (for example, *care* [12] can emerge from the vision of personal photos and memories). This brief overview underlines how a simple process, as traditional payment, is deeply characterized in terms of emotions, perceptions and cognitions. Instead, through NFC and mobile payment users could connect credit cards accounts to their NFC-enabled app, and pay directly with the smartphone: it's a cashless payment method aimed at replacing credit/debit cards. Thus, the digital interaction through the NFC (as enlightened in Fig.2, right) misses some significant parts.

2.1.2 Access to Places

Another NFC application is the access control, in which an NFC-enabled device replaces tools like keys or badges used to access a place. For the sake of compactness, in the following we consider only the case of keys, but the application of our analysis methodology to the badge or other tools is straightforward (Fig. 3, 4). An analysis of the two networks for traditional access to places through keys reveals the following features for keys:

- Differentiation: different keys change in forms and colours.
- Keyring: keys are kept together by a keyring.
- Multisensory signals: keys are peculiar sound objects and provide specific tactile feedback.
- A personalized item: you can add tinsels or personal stuff.
- Acts of use: keys rotate to open a door (the action of locking/unlocking a door have a strong peculiarity, to the extent that they become iconic).
- Iconic sound while unlocking a door.

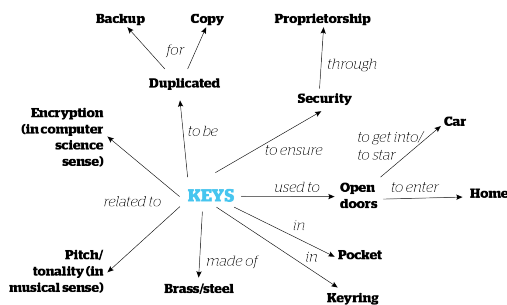


Figure 3. Linguistic Semantic net for the keys

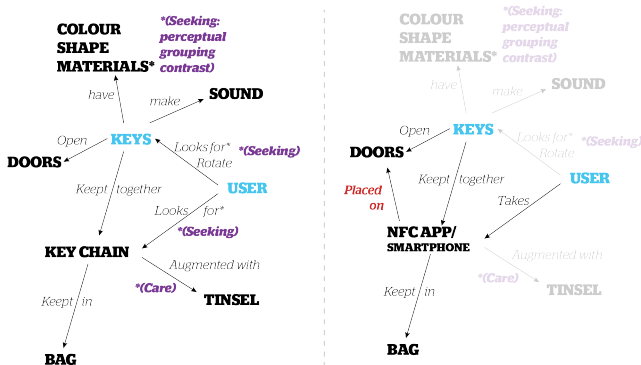


Figure 4. Interaction nets for the keys. Analogue interaction (left) and digital interaction (right).

The use of traditional keys involve user from a cognitive point of view: she/he can immediately recognize the key he needs just by touch, or look to the right one in a small set. Moreover, the keyring can be personalized allowing the user to express its personality. We can conclude that also in this scenario *seeking and care* [12] are the first emotions elicited in users and are missed in the digital interactions enable by NFC (Fig. 4, right).

2.1.3 The Introduction of NFC

To summarize our analysis figure 2 and 4 compare the interactive process of payment and access to places, with or without NFC. We can say that digitalization suffers from different point of view:

- Lack of possibility for personalization of the interfaces;

- Interactive gestures are flattened and less expressive: all gestures are reduced to the positioning of the smartphone close to a sensitive device. Paying, opening a door or exchanging information is reduced to the same action.
- Lack of perceptive attributes (colours, sound, visual stimuli);
- Emotions like *seeking* and *care* decrease: there is no need to look for the rights keys or check the money balance.

In conclusions, interactive services enabled by the NFC will lose their “zest” in terms of interactive possibilities, perceptive experiences and as consequence, emotions.

3. EMOTIONALLY DRIVEN DESIGN

Modelling interactive processes through the semantic networks, allowed us to derive useful insights. In this section we derive some guidelines to qualify the interactive processes, not only from a usability point of view, but considering digital interfaces (as tools, devices and interactive procedures) an extension of our mental processes and activator of meaningful experiences [4].

The guidelines outlined in the next paragraphs have to be considered as an initial design framework to inspire future works. In detail, our framework is focused on three main aspects:

- Definition of new meaningful gestures, to characterize the different tasks qualifying the interactive possibilities;
- Improvement of the container metaphor to satisfy the need of personalization and explore meaningful interactive processes;
- New device design to make NFC independent from the smartphone technology.

3.1 Meaningful Gestures

As we have previously illustrated, the basic interaction techniques enabled by the NFC are the same for different tasks. Previous works in the literature [1] have explored the potentialities to change the interactive model designing interactions beyond the touch-select, trying to overcome some usability weakness in the way the phone are hold, increasing the “ease of use” perception.

We characterize interactive techniques evoking through gestures what we usually do in analogue domain, adding implicit meaning. The main idea is to explore the communicative potentialities of gesture interface experimenting with directions of gestures, perceptual and haptic feedback provided, time required for transaction.

Payment, Place & Pay (Fig.5a). For payment process, we suppose that user places the smartphone on the reader rotating on vertical axis, mimicking the way we give money or credit cards. In addition, the duration of transaction could slightly change according to the amount of money transferred: technically the payment is instantaneous, but to enhance the user experience it can be made variable in the range of few seconds, to quantify perceptually the money expenditure. This could be supported also through a feedback sounds informing users on what is going on.

Open a door, Touch & Rotate (Fig.5c). Users touch the reader with the NFC device and slightly rotate it as for opening a door. Haptic feedback should be also provided to mimic the friction, and a sound stimulus should be emitted to provide a more convincing feedback.

Exchange of information between users/objects, Touch & DragUp (fig.5b). An example of this functionality is the information a user can find on a leaflet in a museum. The gesture of drag up “digital information” will evoke the act of pick up a flyer.

Exchange of information between users, *Touch&select*. This is the gesture adopted now and that we consider good for implicit meaning of the procedures (touch to start a connection) and for optimization of the processes.

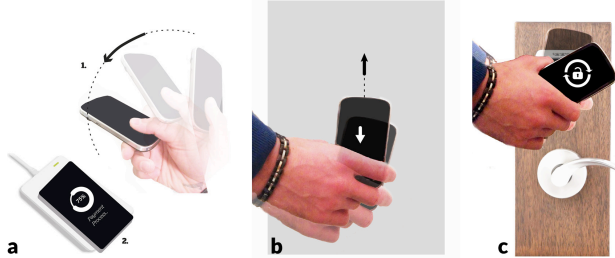


Figure 5. a) Place&Pay Gesture; b) Touch&DragUp Gesture
c) Touch&Rotate Gesture;

3.2 The Container Metaphor

The two application scenarios considered in this work require the concept of a "container". Wallet and keyrings are collectors for other objects. In the same way the digital wallet –NFC app – is metaphorically the container of digital keys and money (where the metaphor of container was defined in [7] as one of the ontological metaphors). What we miss however are some specific perceptive elements and procedures typical of analogue wallets and keyrings, as explained in the previous paragraphs. In our opinion an improvement could be done in the interface of the digital wallet, allowing users to arrange contents and add objects as in the real world, for example changing colour of keys, grouping and binding file in a personalized way, adding personal stuff, collecting the information received and shared through NFC, etc.

3.3 The Design of a Proper Device

Future researches could explore the possibility to make the adoption of the NFC technology independent from the smartphone devices. As they are designed for different targets, we believe that acceptance of NFC technology can be increased designing a specific device. This new devices should be designed in order to become a desirable object to be personalized, good looking and easy to handle for the necessary interactive procedures. Consider as example the Estimote beacons (<http://estimote.com>). They are Bluetooth sensors, but evoke, thanks to their form and perceptive attributes, a precious stone. This makes the sensor more likely to be accepted on home walls for example, as it becomes a piece of ornaments, while maintaining its functionalities.

On second instance, another possible hypothesis is to “augment” actual wallets and keyrings with NFC chips. In these scenarios the NFC chip is embedded into wallets and keyrings and an internal software is updated every time a new credit card or a new key is added; then users need simply to touch the target NFC device with the object container – wallet or keyring -- instead of looking for the right individual object.

4. CONCLUSIONS

In this paper we have presented an analysis of phenomena that influence the acceptance of NFC technology from an emotional point of view. Our perspective was focused on the relationship between analogue and digital world, when innovative technologies appear on the market. This approach allows underlining the main differences between the two models, providing useful insights to qualify NFC tools and services and to drive slowly the users in the digitalization process. In particular we have focused on the gestures involved in the interactive

experience that arises in the application scenarios of mobile payment, access control and information exchange. We have provided two other guidelines that can be explored in future researches exploring the design of experimental user interfaces and dedicated devices for NFC.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Our thanks to the Prof. Margherita Pillan and Prof. Marco Maiocchi, both professors of the Design of Emotions course. This work was partially supported by the Joint Open Lab "S-Cube" - Telecom Italia S.p.A. – Innovation division, Italy

6. REFERENCES

- [1] Broll, G., Reithmeier, W., Holleis, P., Wagner, M. 2010. Design and evaluation of techniques for mobile interaction with dynamic NFC-displays. In *Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction (TEI '11)*. ACM, New York, NY, USA, 205-212. DOI=10.1145/1935701.1935743
- [2] ECMA-340, Near Field Communications Interface and Protocol (NFCIP-1), European Computer Manufacturers Association, 2004.
- [3] Finkenzerler, K. 2010. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near Field Communication* (3rd. ed). John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- [4] Hallnäs, L., Redström, J. 2001. SlowTechnology: Designing for Reflection. *Personal Ubiquitous Comput.* 5, 3 (January 2001), 201-212. DOI=10.1007/PL00000019
- [5] Jordan, P.W. 2000. *Designing Pleasurable Products*. Taylor & Francis, London, UK.
- [6] Kahneman, D. 2011. *Thinking, fast and slow*, Macmillan.
- [7] Lakoff, G., Johnson, M. 1980. *Metaphors we live by*. University of Chicago Press, Chicago.
- [8] Maiocchi, M., Pillan, M. 2014. The Human Emotional System and the Creativity in Design. In *Proc.5th STS Italia Conference, A Matter of Design: Making Society through Science and Technology*, Milan, 12–14 June.
- [9] NFC-Forum, Available: <http://www.nfc-forum.org>
- [10] Norman, D. 1992. *Why interfaces don't work*. The art of human-computer interface design, B. Laurel, Ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 209-219.
- [11] Ok, K., Aydin, M. N., Coskun, V., Ozdenizci, B. Exploring Underlying Values of NFC Applications, in *Proc. 3Rd International Conference on Information and Financial Engineering, IPEDR vol.12* (2011), IACSIT Press, Singapore.
- [12] Panksepp J., Biven L. 2012. *The Archeology of the Mind*, W. W Norton & Company, NY.
- [13] Pillan, M., Spadafora, M., Vitali, A.A. 2014. Foretelling and Shaping the Future of Technology. The Role of Communication Designer in the Design of Innovation. In *Proc. 5th STS Italia Conference, A Matter of Design: Making Society through Science and Technology*, Milan, 12–14 June.
- [14] Ramachandran V., Hirstein W. 1999. The Science of Art. *The Consciousness Journal*, Vol. 6. Numbers 6-7, 15-51.
- [15] Sowa, J.F. *Principles of semantic networks: explorations in the representation of knowledge*. Morgan Kaufman, San Mateo, CA.

Navegación emocional en narrativas no-lineales: un caso de estudio sobre la influencia del color

Víctor Socas, Carina González, Sara Caratelli

Department of Computer Science Engineering and Systems

University of La Laguna, Spain

ABSTRACT

La principal diferencia que presenta la narración interactiva respecto a la convencional (lineal), se caracteriza por no tener un único camino establecido por el autor, sino que deja al lector la capacidad de elegir su propio camino entre varios recorridos posibles. Por ello cada experiencia del usuario con el sistema será única. Asimismo, el color representa un poderoso estímulo visual que hay que considerar en el diseño de una experiencia narrativa audiovisual, ya que está íntimamente relacionado con las emociones y pueden guiarlo en la narrativa no lineal de forma subjetiva. Por ello, en este trabajo se analiza y presenta un estudio sobre la evaluación de la experiencia de usuario en una narrativa audiovisual no lineal, que incluye técnicas tales como observación estructurada, cardsorting, cuestionarios y eyetracking. Los resultados obtenidos muestran que el color ayuda al usuario en la navegación en las estructuras narrativas no lineales.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. [User Interfaces]

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Factores Humanos, Narrativa, UX, Emociones, Storytelling

1. INTRODUCCIÓN

La industrialización de la producción audiovisual se centró en la proyección fílmica, sus estructuras narrativas se sustentaban en la narrativa aristotélica (narrativa lineal). La aparición de la web y en consecuencia de la interactividad da lugar al desarrollo de obras interactivas que exploran la narrativa no lineal, esta no linealidad rompe con los conceptos de tiempo, espacio, principio y fin. Esta narrativa (narrativa no lineal) se ha expandido en el siglo XXI con gran fuerza, desarrollando una cultura capaz de manejarse con total naturalidad en medios audiovisuales como en la búsqueda de información por la red.

La narrativa no lineal se sustenta en el hipervínculo, que brinda la posibilidad de interactividad y toma de decisiones, aportando sensación de libertad en la experiencia sustentada en la libertad de elección del usuario [1]. Todas las propuestas de narrativa no lineal se sustentan en la interactividad, las experiencias inmersivas y la visión del usuario como parte activa de la creación de la experiencia [2]. El diseño de las interfaces en sistemas de narrativa no lineal suelen ser bastante rudimentarias o muy complicadas y distraen la atención del contenido principal con

información periférica. Esto puede deberse más que nada a que el contenido principal todavía está redactado de modo lineal, es decir, con una estructura y unos personajes para historias lineales.

En nuestro sistema interactivo de narración no lineal sólo hay un autor que permite tomar decisiones al usuario sobre su recorrido narrativo [3]. A este sistema interactivo de narrativa no lineal lo conocemos como hiperficción explorativa [4].

Asimismo, el color representa un poderoso estímulo visual que hay que considerar tanto en el diseño como evaluación de la experiencia de usuario con un sistema. En este trabajo, hemos considerado el color y sus asociaciones emocionales como un recurso de apoyo a la navegación dentro de una narrativa no lineal interactiva. Las investigaciones de Goethe [5] fueron la piedra angular de la actual psicología del color, ya que para él era fundamental entender la reacción humana a los colores. Goethe creó un triángulo con los tres colores primarios (rojo, amarillo y azul) para trazar un diagrama de la psique humana, relacionando cada color con una emoción determinada. Asoció al azul con el entendimiento, la razón y el evocamiento de un estado de ánimo tranquilo, mientras que al rojo lo calificó como el color de la sangre y el fuego, símbolo de la violencia, de la pasión sensual, de la acción y el impulso. Por ello, este trabajo utiliza los tres colores primarios con las asociaciones emocionales definidas por Goethe.

Distintas experiencias previas del uso del color para la navegación emocional nos sirven de base para fundamentar nuestra propuesta de navegación audiovisual en narrativas no lineales interactivas [6, 7, 8, 9, 10].

Este trabajo presenta el análisis de la experiencia de usuario (UX) en un sistema de hiperficción explorativa emocional y del uso del color como apoyo a la navegación emocional. A continuación se presenta la experiencia desarrollada y los principales hallazgos de esta investigación.

2. EXPERIENCIA

El sistema NENLI (Narrativa Emocional No Lineal Interactiva) presenta una narrativa formada por una situación problema y diferentes posibles desenlaces entre los cuales el usuario debe decidir para desarrollar su experiencia emocional. El usuario entonces podrá seguir un camino diferente según la respuesta emocional que elija y de esta forma construir su propia experiencia a través de este prototipo.

Para poder elegir las respuestas emocionales de la narrativa, tomando en cuenta la teoría del color de Goethe [5], el autor de la misma ha seleccionado el color amarillo para las respuestas positivas, el color rojo para las negativas y el color azul para las emociones neutras.

Específicamente, se plantean los siguientes objetivos de investigación relacionados a la percepción de las emociones y la experiencia de usuario con NENLI:

1. Analizar si el uso del color en los botones de navegación facilita la selección del camino a seguir en la narrativa emocional.
2. Analizar la experiencia de usuario en NENLI.

Destacar que el equipo de trabajo encargado del experimento está compuesto por un Licenciado en Bellas Artes, experto en Narrativas Audiovisuales, quien se encargó del diseño las narrativas audiovisuales no lineales y el experimento, además de dos Ingenieras Informáticas, encargadas de las llevar a cabo las pruebas en el laboratorio.

El prototipo NENLI ha sido presentado a una muestra de 24 usuarios, 12 de sexo masculino y 12 de sexo femenino y con edades incluidas entre los 20 y los 39 años.

Los participantes se dividieron a su vez en 3 grupos (A, B y C) de 8 personas (cada uno compuesto por 4 mujeres y 4 hombres), los cuales van a interactuar con el sistema a través de botones asociados a 3 posibles respuestas emocionales (agresiva, inhibida o asertiva). De esta forma:

- El grupo A pasará la prueba con la interfaz (A), el cual utiliza botones en formato de imágenes sin color (imagen escala de grises).
- El grupo B lo hará con la interfaz B, con botones representados con imágenes coloreadas en rojo, azul y amarillo.
- El grupo C pasará la prueba con la interfaz C con botones de colores rojo, azul y amarillo.

Los colores utilizados para los tipos de botones de las interfaces B y C tenían el fin de ayudar al usuario en la identificación de las respuestas emocionales (rojo=agresivo; azul=inhibido y amarillo=asertivo). De esta forma, todos los grupos interactuaron con la misma situación problema y con sus 3 posibles respuestas emocionales, pero cada grupo individual (A, B o C) solo interactuó con un tipo de formato de botones (interfaces A, B o C).

Se utilizaron diferentes técnicas para recoger la información en tres momentos distintos o fases: a) Pre-test: Cuestionarios (Estado de ánimo inicial y Perfil de usuario), b) Test: Pensando en voz alta (utilizando el prototipo), Observación estructurada (heurísticas emocionales), Eyetracking y Grabación de Vídeo y c) Post-test: cuestionarios (sobre aspectos de emocionales, usabilidad y experiencia de usuario) y Cardsorting cerrado (3 colores/ 3 tipos de emociones) y Cardsorting abierto (colores/emociones).

En relación con la evaluación emocional, se preguntó cómo se sentían los usuarios antes y después de realizar la prueba siguiendo el modelo circumplexo de Desmet [11].

Los resultados se agruparon en emociones positivas (para emociones como alegría, motivación, afecto, etc.), negativas (para emociones tales como ansiedad, cansancio o enfado), y neutras (para emociones como apatía, empatía, etc.).

Durante la prueba se llevó un registro observacional del lenguaje no verbal (expresiones faciales y corporales) de los usuarios, así como de las expresiones orales. Se aplicó la técnica observacional propuesta por Lera y Garreta [12], evaluando 10 heurísticos emocionales con valores positivos, negativos o neutros.

Además, durante la prueba se utilizó la técnica de pensar en voz alta, para estudiar el pensamiento del usuario y grabar en vídeo todas sus expresiones verbales, así como sus dudas, preguntas u

observaciones. Asimismo, teniendo en cuenta que en la prueba participaban usuarios de diferentes países, se les brindó la posibilidad de expresarse en tres idiomas diferentes: español, inglés e italiano. El objetivo de permitir diferentes idiomas en la prueba, fue el tratar de evitar cualquier tipo de malentendido o influencia causados por factores externos, como el de tener que pensar en otro idioma y perder tiempo debido a la concentración necesaria para expresarse correctamente en otro idioma.

Otra herramienta utilizada durante la prueba ha sido el EyeTracker, que permite registrar el movimiento de los ojos en la pantalla del ordenador, para luego analizar la atención del usuario durante el proceso de creación de su propia narrativa.

Finalmente, se evaluó la usabilidad del prototipo en base de las heurísticas de Nielsen (1994) [13], y se estudió las diferentes asociaciones que se hacen los usuarios entre colores y emociones, preguntando al usuario sobre qué colores representan emociones positivas, negativas o neutras.

A los usuarios se le presentaron tres métodos diferentes de interacción con el sistema NENLI, que les permitían seleccionar la respuesta emocional a la situación problema planteada en la narrativa.

3. RESULTADOS

3.1. Pre-Test

Con el fin de evaluar si la narrativa causaba impacto emocional en los participantes se evaluó el estado de ánimo de los usuarios antes del comienzo de la prueba y después de haber pasado por la misma. Por ello, al iniciar la prueba se le preguntó a los usuarios sobre su estado de ánimo, evaluando tres tipos de estados emocionales: positivo (para estados de ánimo como alegría, tranquilidad o bienestar), negativo (para estados de ánimo como cansancio, enfado o mal humor), y neutro (para estados de ánimo como intolerancia y apatía). Los diferentes estados de ánimos iniciales de los 24 participantes (positivo (50%), negativo (33%) y neutro (17%)).

3.2. Test

El Eye Tracker nos ha permitido registrar el movimiento de los ojos en la pantalla del ordenador y cuantificar el tiempo de reacción a la primera interacción con el sistema y las áreas de interés de la interfaz en el proceso de creación de su propia narrativa no lineal.

En la experiencia se ha evaluado los tiempos de reacción del usuario en su primera interacción con el sistema, así como, si el uso del color en los botones de navegación facilita la selección del camino a seguir en la narrativa emocional (Figura 1).

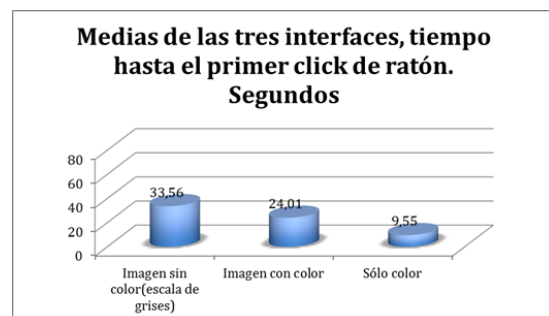


Figura 1. Tiempo medio primer clic de las 3 interfaces

Respecto a los clics de ratón, en las figuras 2, 3 y 4 se pueden observar la cantidad de clics efectuados y en dónde se han realizado. Destacaremos en este resultado la concentración de clics de la tercera interfaz en los botones de solo color.

Asimismo, para el estudio de las áreas de interés de la interfaz en el proceso de creación de su propia narrativa no lineal hemos analizado los mapas de calor de las tres interfaces, aplicando los colores cálidos (rojo como máxima expresión) a la mayor atención y una cadencia hacia los colores fríos (azul como mínima expresión) a la menor atención.



Figura 2. Clics realizados en la interfaz 1 (imagen sin color)



Figura 3. Clics realizados en la interfaz 2 (imagen con color)

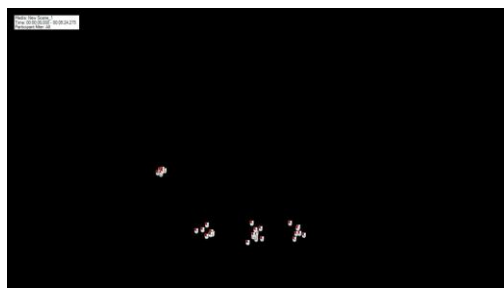


Figura 4. Clics realizados en la interfaz 3 (sólo color)

Asimismo, hemos analizado los mapas de calor de los tres grupos valorando el número de fijaciones (no tiene en cuenta el tiempo de fijación), duración absoluta (sí tiene en cuenta el tiempo de fijación) y atención relativa (si en cuenta el tiempo de fijación, pero equipara los tiempos entre todos los participantes). En este sentido, no se obtuvieron diferencias significativas en los mapas de calor de los tres grupos.

Por otra parte, para estudiar la experiencia del usuario en su interacción con la narrativa emocional no lineal creada, se analizaron 10 heurísticas emocionales [12], mediante la técnica de

observación estructurada. Se ha observado que el 90% de las participantes mujeres tienen reacciones más evidentes que los hombres al mirar los vídeos, ya que se observa el aumento de los movimientos realizados con el cuerpo y rostro (sobre todo en los casos de mover la boca, sonreír y tocarse). Las expresiones como desviar la mirada o actitudes que representan desinterés, se verifican sobre todo en los usuarios (de ambos sexos) que han definido su propio estado de ánimo inicial “negativo o /”neutro”. Ningún usuario que ha definido su estado de ánimo inicial “positivo” ha mostrado este tipo de actitudes.

3.3. Post-Test

Al finalizar la fase de test de la interacción con NENLI, se pasó un cuestionario sobre aspectos emocionales y se realizó un cardsorting cerrado y abierto sobre colores y emociones.

Los resultados obtenidos en el pos-test fueron: 54% positivo, 29% negativo y 17% neutro. Vemos que hay una pequeña variación de un 4% respecto al estado de ánimo inicial, que pasó del estado negativo al positivo, no habiéndose producido variación en el porcentaje de estado de ánimo neutro.

En cuanto a la técnica de card sorting cerrado, se le pidió a cada usuario que eligiese un color entre el rojo, azul y amarillo para representar una emoción positiva, negativa o neutra. Los resultados de esta prueba indican que para las emociones positivas el color azul fue el favorito, con un 67%, seguido por el color amarillo con un 29%, mientras que el color rojo fue elegido por 4% de los usuarios. Sin embargo, para las emociones negativas, hubo un acuerdo en el 100% de los usuarios de que el color rojo era el más representativo. Para las emociones neutras, la decisión estuvo dividida entre el color amarillo con un 67% y el color azul con un 33%.

También, se evaluó la asociación que realizaban los usuarios entre los colores y emociones de forma libre. Para ello, se le preguntó a los usuarios sobre los colores asociarían a los tipos de emociones positivas, negativas o neutras y que explicarían el por qué de esta asociación. Entre los colores que asociarían a emociones positivas, el verde es el más elegido (58,3%), seguido por el blanco (16,7%) y el azul (12,5%). En cuanto a las emociones negativas, se asociaron mayoritariamente los colores negro (37,5%), el rojo (25%) y el amarillo (12,5%). Sobre las emociones neutras, se asociaron mayoritariamente los colores blanco (25%), gris (16,7%), naranja (12,5%) y azul (12,5%).

A través de las explicaciones de los usuarios a las asociaciones realizadas ha sido posible observar que las razones de estas asociaciones difieren en cada caso. Así, se relacionan colores y emociones simplemente porque existen estereotipos (el verde por ejemplo, por la mayoría de los usuarios, representa una emoción positiva porque se asocia con el semáforo -heurística de la metáfora-). Las emociones se relacionan con los colores en función de su brillantez (el amarillo por ejemplo se asocia con el oro -símbolo de riqueza- y por eso puede ser asociados con emociones positivas). En la mayoría de los casos, los colores muy oscuros se asocian con emociones negativas, pero hay veces en las que estos colores pueden transmitir emociones positivas porque el usuario los percibe como símbolo de elegancia (negro). También, se halló que el usuario suele asociar su color preferido con emociones positivas, sin tener en cuenta ni el tono ni el sentido implícito de este color (rosado, negro). Aunque en el 100% de los casos en el cardsorting cerrado los usuarios asociaron el color rojo a emociones negativas, en las explicaciones del cardsorting abierto se ha encontrado que también el color rojo puede

simbolizar una emoción positiva porque se asocia con sentimientos (amor/ pasión). En cuanto a los colores secundarios (violeta, naranja) y otros colores como el blanco y el gris, hemos visto en la prueba que se suelen asociar con emociones neutras.

La cultura y creencias populares hacen que un color se asocie con emociones negativas (violeta/mala-suerte, negro/gatos negros, rojo/sangre). Sin embargo, el color azul nunca se asocia con emociones negativas. Podemos decir entonces, que existen características internas (sujeto), externas (actividad) y del contexto (cultura), que influyen y definen la asociación entre los colores y su significado emocional.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado la evaluación de la experiencia emocional llevada a cabo por 24 usuarios utilizando un prototipo de narrativa emocional no lineal interactiva. Se persiguieron dos objetivos de investigación principales: a) evaluar la influencia del color como hipervínculo navegacional en la narrativa emocional y b) evaluar la experiencia emocional del usuario con esta narrativa. Para lograr estos objetivos se diseñó un plan de evaluación que incluía diversas técnicas de evaluación de la experiencia de usuario, tales como observación estructurada, cardsorting, cuestionarios, eyetracking, etc., organizadas en las distintas fases de la prueba. Asimismo, se presentaron los principales resultados correspondientes a las heurísticas emocionales así como los resultados de la prueba de cardsorting y de la observación estructurada.

Como resultado relevante, podemos mencionar que los usuarios del grupo A que utilizaron la interfaz 01 con botones sin color, se mostraron perdidos a la hora de elegir su respuesta emocional, presentando serias dificultades a la hora de asociar correctamente las emociones deseadas y por tanto, dificultando la navegación emocional en la narrativa. Algunos usuarios simplemente siguieron el orden secuencial de los botones o realizaban la navegación de forma aleatoria. El 100% de los usuarios afirmó que el color le facilitaba la percepción de las emociones y la selección de la respuesta emocional deseada en la narrativa. Por tanto, se puede concluir que el color ayuda al usuario en la navegación emocional de una narrativa no lineal. Sin embargo, se encontraron diferencias en cuanto a los colores seleccionados por el autor de la narrativa (NENLI) para identificar las respuestas emocionales positivas (amarillo), negativas (rojo) y neutras (azul), siendo para el usuario positivas (azul), negativas (rojo) y neutras (amarillo).

En el cardsorting cerrado (3 colores/ 3 tipos de emociones), el color rojo no presentó ninguna dificultad en su asociación a emociones negativas (100%). Sin embargo, el amarillo presentó diferencias en cuanto a la asociación emocional, relacionando un 67% de los usuarios a emociones neutras y el 29% a emociones positivas. Asimismo, el color azul se relacionó a emociones positivas (67%) y a emociones neutras (33%).

También hemos hallado que existen diferencias individuales así como culturales en las asociaciones de colores a las emocionales. Asimismo, con la técnica de eyetracking se pudo observar en las interfaces que la zona de mayor interés es la zona del vídeo seguida del área de los botones. Hay que destacar que la diferencia observacional entre las dos áreas (vídeo y botones) no es muy alta en la interfaz 01 y 02, existiendo atención en las áreas comprendidas entre el vídeo y los botones. Los puntos de atención mantienen una distribución parecida en las tres interfaces. De esta

observación, podemos destacar que la información visual generada por la interfaz 03 es más aclaratoria y los recorridos visuales en la interfaz son menores. Podemos deducir, por tanto, que la interfaz 03 facilita la atención sobre el vídeo y en las interfaces 01 y 02 la atención se dispersa. Esperamos que este trabajo sea de utilidad para diseñadores, desarrolladores, educadores e investigadores interesados en mejorar los procesos interactivos de los sistemas y la creación de experiencias narrativas audiovisuales. Asimismo, actualmente, en base a estos resultados estamos trabajando en el diseño de interfaces de televisión interactiva, especialmente los menús interactivos de selección, estudiando además la experiencia de usuario en los mismos.

5. REFERENCIAS

- [1] Szilas, N.: Structural Models for Interactive Drama. In the proceedings of the 2nd International Conference on Computational Semiotics for Games and New Media (Augsburg, Germany, Sept. 2002)
- [2] Skov, M. B. and Borgh Andersen, P. Designing Interactive Narratives. In Proc. of Computational Semiotics for Games and New Media (Amsterdam, Sept. 2001).
- [3] Socas V. & González C. (2012). User attention in nonlinear narratives: a case of study. Communicability, Computer Graphics and Innovative Design for Interactive Systems. Lecture Notes in Computer Science 2012, pp 104-111.
- [4] Lamarca-Lapuente, M. J. (2007). Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen.. URL: <http://www.hipertexto.info/documentos/estructura.htm>
- [5] Goethe, J. (1945). Esbozo de una Teoría de los Colores. Madrid: Aguilar.
- [6] Meier, B. P., Robinson, M. D. & Clore, G. L. (2004) Why good guys wear white: Automatic inferences about stimulus valence based on brightness. Psychological Science, 15(2), 82-87.
- [7] Latornia, M.J. and Happ, A.J. (1987). The effective use of colour for text on the IBM 5153 colour display: random access II. In: Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting 1987. pp. 1091-1095
- [8] Lichtle, M.C. (2007): The effect of an advertisements colour on emotions evoked by an ad and attitude towards the ad. In International Journal of Advertising, 26 (1) pp. 37-62
- [9] Cyr, D., Head, M. and Larios, H. (2010). Colour appeal in website design within and across cultures: A multi-method evaluation. In International Journal of Human-Computer Studies, 68 (1) pp. 1-21
- [10] Bonnardel, N., Piolat, A. and Bigot, L. (2011). The impact of colour on Website appeal and users cognitive processes. In Displays, 32 (2) pp. 69-80
- [11] Desmet P.M.A., Porcelijn, R., & van Dijk, M. (2007). Emotional design; application of a research based design approach. Journal of Knowledge, Technology & Policy, 20(3), 141-155.
- [12] Lera E. de y Garreta M. (2008). 10 heurísticas emocionales pautas para evaluar la dimensión afectiva de los usuarios de forma fácil y económica. Revista FAZ, 68-81.
- [13] Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), Usability Inspection Methods, John Wiley & Sons, New York, NY

Emociones Evocadas Durante el Uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje

Yenny Méndez A.
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
+52 8209900,
ymendalq@unicauca.edu.co

César A. Collazos
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
+52 8209900,
ccollazo@unicauca.edu.co

Toni Granollers
Universidad de Lleida
Jaurne II, 69
25001 Lleida, España
+34 973 702 000,
antoni.granollers@udl.cat

Rosa Gil
Universidad de Lleida
Jaurne II, 69
25001 Lleida, España
+34 973 702 000,
antoni.granollers@udl.cat

RESUMEN

Con el propósito de enfocar el proceso de evaluación de Entornos Virtuales de Aprendizaje hacia la interpretación y análisis de emociones específicas, se propone en este artículo una “lista base” de emociones, las cuales se obtienen a partir de investigaciones relacionadas donde se identificaron emociones evocadas por los estudiantes en ambientes académicos y de tres casos de estudio en los cuales los estudiantes realizaron diferentes actividades y seleccionaron las emociones que a partir de su criterio consideraban habían evocado durante el desarrollo de las actividades.

Categorías y Descriptores Temáticos

H.1.2 [Models and principles]: User/Machine Systems— *human factors, Software psychology.*

Términos generales

Human Factors

Palabras claves

Emociones, evaluación, Entornos Virtuales de Aprendizaje

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, es reconocido que las emociones juegan un rol crítico e importante en todas las relaciones con el computador, desde simples búsquedas en la web, habituales envíos de correos electrónicos o compras en línea, hasta la masificación del ocio (juegos) online [22] [4].

Múltiples proyectos se han enfocado a la exploración de aspectos emotivos en la evaluación de usabilidad y la experiencia del usuario, la evaluación puede apoyarse en el reconocimiento de las emociones evocadas por el usuario durante su interacción.

Durante el uso de un sistema interactivo, los usuarios pueden evocar emociones negativas y positivas y la presencia de las emociones contribuye a que el usuario continúe utilizando el sistema o por el contrario al rechazo o desmotivación a su uso, dependiendo de si estas son positivas o negativas [28].

A partir de la necesidad del reconocimiento de las emociones evocadas por los usuarios mientras interactúan con un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) y considerando que se tiene una gran cantidad de emociones, se presenta en este artículo una propuesta para seleccionar emociones que podrían ser tenidas en cuenta durante la evaluación de un EVA. La propuesta se soporta

en la selección de las emociones teniendo en cuenta (1) realizar casos de estudio en los cuales se lleven a cabo actividades en un EVA, para identificar las emociones evocadas por los estudiantes a partir de un listado de emociones y (2) considerar referentes teóricos cuyo objetivo ha sido el de identificar emociones en ambientes académicos. En la siguiente sección se presentan los referentes teóricos relacionados con las emociones, en la sección 3 los trabajos relacionados y la justificación para realizar la presente investigación. En la sección 4 se presenta la “lista de emociones” propuesta y finalmente en la sección 5 las conclusiones y el trabajo futuro.

2. REFERENTES TEÓRICOS

2.1 Emociones

Debido a que las emociones son fenómenos subjetivos, fisiológicos, funcionales y sociales, no es posible ubicar el concepto de emoción en un único concepto [15]. Son diferentes las acepciones que se tienen respecto a la emoción [24] [8] [14] [27] [7]. Para efectos de esta investigación se tomará la emoción como una reacción a los acontecimientos que se estimen relevantes para las necesidades, metas o intereses de un individuo. Se relaciona con componentes fisiológicos, afectivos, conductuales y cognitivos [14].

2.2 Emociones en Interacción Humano Computador

A mediados de los 70, la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador se fijó en el atributo “usabilidad” de los sistemas interactivos. Desde entonces ha tenido un crecimiento positivo en el diseño de desarrollos así como también en los métodos de evaluación para asegurar que las tecnologías sean más fáciles de usar y aprender [12][13]. Durante los estudios de usabilidad los participantes realizan tareas, responden a preguntas y completan cuestionarios. Adicionalmente sonríen, se mueven en el asiento, miran hacia algún punto fijo en el lugar donde se realiza la prueba, relacionándolo con las diferentes emociones que podrían evocar los usuarios [26].

El rol de las emociones en computación es cada vez más relevante, las emociones son centrales en la cultura, la creatividad y la interacción [23]. Debido a que las emociones evocadas por el uso de un producto influyen en querer comprarlo, tenerlo, usarlo, la medición de las emociones cada día llega a ser mucho más

importante y en algunos casos la experiencia emocional puede llegar a ser un factor crucial al respecto de la toma de decisiones [28].

En ambientes académicos, se destaca la importancia de investigar al respecto de las resistencias, actitudes y emociones que tienen los estudiantes con el uso de las tecnologías como recursos de aprendizaje, ya que resulta necesario para contribuir en la disminución de los índices de abandono o fracaso que pueden presentar los modelos de e-learning [2].

3. TRABAJOS RELACIONADOS

La identificación y análisis de las emociones evocadas durante el uso de un sistema ha sido objeto de estudio en diferentes investigaciones [25] [18] [17], algunas enfocadas en el estudio de emociones específicas [19] [16] [5] [6] [3].

Se han realizado algunas investigaciones relacionadas con la identificación de emociones evocadas específicamente en contextos académicos. En cinco estudios cualitativos [21], se encontró que los estudiantes experimentan una gran cantidad de emociones. En el primer estudio se les pidió a los estudiantes que comentaran al respecto de los episodios que recordaban desde su memoria autobiográfica y reportaran las emociones experimentadas. En los cuatro estudios adicionales, se realizó una entrevista posterior a la clase, al examen o luego del día de estudio.

Otra investigación [20] fue llevada a cabo con el propósito de identificar las emociones que los estudiantes experimentan con el aprendizaje en línea. En la investigación, participaron 11 estudiantes voluntarios, fueron entrevistados en persona o por teléfono y se les pidió que comentaran respecto a las emociones que experimentaron en contextos de enseñanza/aprendizaje con su proceso de aprendizaje en línea y la relevancia que han tenido las emociones en este proceso. Los aspectos sobre los cuales se les preguntaba se relacionaron con el registro, seguimiento de las instrucciones y el acceso a los recursos. Se les entregó también a los participantes una “lista de verificación” con emociones, a partir de las cuales se les hicieron preguntas puntuales finalizando la entrevista. Las emociones que los estudiantes identificaron como significativas y que podrían inhibir o mejorar los procesos de enseñanza/aprendizaje por los estudiantes fueron *frustración, miedo, ansiedad, aprehensión, vergüenza, entusiasmo, excitación y orgullo*.

Otra investigación más reciente tuvo como propósito “conocer y valorar las emociones implicadas en el aprendizaje universitario online” [2]. Esta investigación fue realizada con 59 estudiantes, quienes participaron de una entrevista grupal y un cuestionario con 40 emociones, las cuales debían valorar en una escala de Likert (0-nunca, 1-ocasionalmente, 2-en bastantes ocasiones, 3-todo el tiempo). En el estudio se identificó la presencia de emociones positivas: *orientación, alivio, optimismo, entusiasmo, satisfacción, serenidad, perseverancia, agradecimiento, confianza, seguridad, tranquilidad, atracción, estímulo, alegría, reconocimiento, competencia, acompañamiento, euforia y poder* y emociones negativas: *asco, vergüenza, culpabilidad, tristeza, rabia, arrepentimiento, soledad, impotencia, enfado, fastidio, desconfianza, angustia, apatía, frustración, estrés, aburrimiento, inseguridad, desesperación, desorientación y tensión*.

4. SELECCIÓN DE EMOCIONES RELEVANTES DURANTE LA EVALUACIÓN DE UN EVA.

Con los resultados obtenidos en la investigación anterior, se identificaron emociones evocadas por los estudiantes en escenarios académicos. Las investigaciones difieren de la investigación propia aquí presentada, en que las emociones en otras investigaciones no son identificadas inmediatamente después de realizar una actividad, lo cual podría distorsionar el resultado sobre lo que el usuario sentía inicialmente, ya que las emociones son inmediatas y automáticas [1]. Se realizó la presente propuesta mediante la cual se seleccionaron emociones en el contexto específico de Entornos Virtuales de Aprendizaje.

Para la selección de las emociones se consideraron tres fuentes: *caso de estudio base, investigaciones relacionadas y caso de estudio para filtrar*. Con los resultados obtenidos a partir de las dos primeras fuentes se obtuvo una extensa lista de emociones, debido a esto fue necesario realizar un nuevo caso de estudio (*caso de estudio para filtrar*) y establecer una lista de emociones reducidas. Se explica en detalle cada una de estas fuentes.

4.1 Caso de estudio base

Se llevó a cabo un primer caso de estudio para establecer una lista preliminar de emociones que los estudiantes manifestaron habían evocado durante el uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje.

4.1.1.1 Participantes

Los participantes fueron estudiantes universitarios de diferentes países. Se contó con la participación de 22 estudiantes: 7 estudiantes de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile), 13 estudiantes de Universidad de Lleida (España) y 2 estudiantes de la Universidad del Cauca (Colombia).

4.1.1.2 Procedimiento

Los participantes realizaron actividades en un entorno virtual, interactuando con un foro de discusión y una wiki. La selección de los recursos del foro y wiki se dio porque los docentes de las asignaturas en las cuales se desarrolló el caso de estudio manifestaron era una herramienta poco utilizada por los estudiantes. Los estudiantes de Chile y Colombia utilizaron Moodle, mientras que los estudiantes de España la plataforma Sakai. Al realizar cada una de las actividades en el entorno virtual, se les pidió que identificaran las emociones que ellos consideraban habían evocado, haciendo uso del instrumento de diagnóstico de auto-reporte PrEMO [9].

4.1.1.3 Instrumento

El instrumento de diagnóstico para identificar las emociones fue PrEMO, el cual es un instrumento de auto-reporte que mide de manera no verbal distintas emociones, tanto las satisfactorias como las no placenteras. En PrEMO se incluyen 14 personajes animados, los cuales retratan una emoción distinta a través de expresiones dinámicas faciales, corporales y vocales [9]. Son siete emociones positivas (inspiración, deseo, satisfacción, sorpresa placentera, fascinación, diversión y admiración) y siete emociones negativas (repugnancia, indignación, desprecio, desilusión, insatisfacción, aburrimientos y sorpresa desagradables) las que se evalúan mediante este instrumento de auto-reporte.

Los participantes asignaron a cada una de las 14 emociones un valor a partir de la escala establecida: 0-no siento la emoción, 1-siento un poco la emoción, 2-de cierta manera siento la emoción, 3-siento la emoción y 4-siento fuertemente la emoción.

4.1.1.4 Resultados

En el análisis de la presencia de cada emoción durante el desarrollo de las actividades por parte de los estudiantes, variando el rango entre 0 –no siento la emoción a 4 –siento fuertemente la emoción, se identifica que las emociones *repugnancia* y *desprecio* presentan una media muy baja (0,33 y 0,48 respectivamente), las emociones *satisfacción* (1,78) e *insatisfacción* (1,44) son las que obtienen medias más altas.

Como resultado de este primer caso de estudio, se determina que de las 14 emociones propuestas en PrEMO, las emociones *desprecio* y *repugnancia* no serán tenidas en cuenta en un proceso de evaluación de EVA.

4.2 Referentes Relacionados

Debido a que el instrumento de diagnóstico PrEMO sólo tiene en cuenta 14 emociones, se propone complementar el listado de emociones considerando las que han sido identificadas en investigaciones realizadas en ambientes académicos y emociones establecidas como fundamentales [11].

4.2.1 Investigaciones relacionadas (IR)

Se consideran las emociones presentes en las investigaciones descritas en la sección 3.

4.2.2 Emociones fundamentales

Adicional a las investigaciones relacionadas, se propone incluir las establecidas como básicas (o fundamentales): *rabia*, *repugnancia*, *miedo*, *alegría*, *tristeza* y *sorpresa* [11] y la lista ampliada de estas [10] que incluye emociones positivas y negativas, estas son: *diversión*, *desprecio*, *vergüenza*, *excitación*, *culpa*, *orgullo*, *alivio*, *satisfacción*, *placer*.

4.3 Caso de estudio para filtrar

A partir de las emociones obtenidas en el caso de estudio y en los referentes relacionados, se identificaron las siguientes emociones, presentes en al menos dos de los referentes, estas son: *vergüenza*, *ansiedad*, *placer*, *insatisfacción*, *satisfacción*, *orgullo*, *alegría*, *desprecio*, *tristeza*, *entusiasmo*, *alivio*, *culpa*, *excitación*, *sorpresa*, *miedo*, *fascinación*, *inspiración*, *deseo*, *sorpresa placentera*, *sorpresa desagradable*, *desilusión*, *aburrimiento*, *repugnancia*, *indignación/ira*, *admiración*, *frustración* y *diversión*. Con el listado de emociones se realizó un segundo caso de estudio, con el propósito de establecer las emociones que se pueden considerar en un proceso de evaluación de EVAs.

4.3.1.1 Participantes

En esta prueba participaron 27 estudiantes universitarios de la Universidad de San Buenaventura-Seccional Cali (USB) de Colombia, de los programas académicos de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Multimedia e Ingeniería Electrónica.

4.3.1.2 Procedimiento

Los estudiantes participaron en un foro publicado en el curso virtual de la asignatura “Introducción a la programación” que se imparte en la USB. Al terminar la participación en el foro, se les pidió a los estudiantes que asignaran a cada una de las emociones listadas un valor a partir de la escala establecida en el primer caso de estudio.

4.3.1.3 Instrumento

El instrumento de diagnóstico utilizado en este segundo caso de estudio fue un cuestionario, en el cual se presentaban las 27 emociones con la respectiva escala para su valoración.

4.3.1.4 Resultados

Similar al análisis realizado con el primer caso de estudio, se analizó la presencia de cada emoción durante el desarrollo de las actividades por parte de los estudiantes, variando el rango entre 0 –no siento la emoción a 4 –siento fuertemente la emoción. Con los resultados obtenidos durante el segundo caso de estudio, se obtiene que la emoción *culpa* fue valorada como “no siento la emoción” por todos los estudiantes. Adicionalmente, las medias para las emociones *vergüenza*, *placer*, *desprecio*, *entusiasmo*, *alivio*, *excitación*, *miedo*, *repugnancia*, *deseo* y *desilusión* son muy bajas (menos de 0,2) razón por la cual se considera no incluirlas en el listado de emociones propuesto.

4.4 Emociones propuestas a considerar durante evaluación de un EVA

A partir de los resultados anteriores, el nuevo listado que resulta al quitar las emociones excluidas por los estudiantes es: *ansiedad*, *orgullo*, *alegría*, *tristeza*, *fascinación*, *inspiración*, *sorpresa placentera*, *sorpresa desagradable*, *aburrimiento*, *indignación/ira*, *admiración*, *frustración* y *diversión*. Las emociones *satisfacción*, *insatisfacción* y *sorpresa*, aunque fueron consideradas en los casos de estudio y en las investigaciones relacionadas, no se proponen en el listado de emociones. En la siguiente subsección se presenta la justificación.

4.4.1 Emociones no consideradas en listado definitivo

La *satisfacción* e *insatisfacción*. Debido a que la usabilidad de un sistema interactivo se valora a partir de la efectividad, eficiencia y la satisfacción, podría ser ambiguo incluirla como una emoción, por tal razón para la presente investigación no se incluye.

La emoción *sorpresa* en los referentes “emociones fundamentales” e “investigaciones relacionadas” es presentada, sin embargo en el “estudio de caso” se presentan dos emociones *sorpresa placentera* y *sorpresa desagradable*; se tomaran estas dos emociones, con el propósito de dar claridad en si la emoción sorpresa es positiva o negativa.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Al considerar identificar y analizar las emociones evocadas por los usuarios frente al uso de un sistema interactivo, se hace necesario tener una “base de emociones”, la cual puede ser obtenida mediante investigaciones previas que hayan identificado emociones durante el uso del sistema a evaluar y complementarlo con pruebas donde los usuarios seleccionen las que ellos consideren han evocado.

El instrumento de diagnóstico para establecer las emociones se basó en preguntas a los estudiantes, lo cual implica un alto grado de subjetividad en las respuestas. Sin embargo se obtuvo una *lista base* de emociones que podrían presentarse durante la evaluación de un EVA. La lista se obtuvo con el propósito de que se enfoque el proceso de evaluación de experiencia de usuario a las emociones de la lista y se establezcan recursos y procedimientos para la identificación y análisis de cada una de estas.

Las emociones evocadas por los estudiantes pueden estar influenciadas por factores externos a las propias actividades. Los tópicos en los foros o en los wikis pueden generar emociones en los estudiantes que no están directamente relacionadas con el uso del sistema interactivo.

Los resultados al respecto de emociones representativas para considerar en un proceso de evaluación de EVA, pretenden ser la base para diseñar EVAs que tengan en cuenta el aspecto emocional, buscando aportar herramientas a los estudiantes para mejorar sus procesos de enseñanza y aprendizaje.

Las emociones incluidas y excluidas en esta investigación son una propuesta preliminar, como trabajo futuro es necesario consolidar la lista de emociones a partir de los resultados obtenidos con experimentos en otros conjuntos de estudiantes; implementando un instrumento de diagnóstico mediante el cual sea posible disminuir la subjetividad en las respuestas de los usuarios al respecto de las emociones evocadas por ellos. Una vez establecidas las emociones es necesario incluir en los procesos de evaluación tradicionales, actividades y tecnología, que permitan su captura y posterior análisis, con el propósito de fortalecer los resultados de la evaluación.

6. REFERENCIAS

- [1] Agarwal, A. and Meyer, A. 2009. Beyond usability: evaluating emotional response as an integral part of the user experience. *CHI 09 Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems* (2009), 2919–2930.
- [2] Ángeles, M., Catalán, R., Pérez, R.G., Sánchez, R.B., García, O.B. and Vega, L. 2008. Las emociones en el aprendizaje online. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*.
- [3] Balahur, A., Hermida, J.M. and Montoyo, A. 2012. Detecting implicit expressions of emotion in text: A comparative analysis. *Decision Support Systems*. 53, 4 (Nov. 2012), 742–753.
- [4] Brave, S. and Nass, C. 2008. Emotion in Human-Computer Interaction. *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. A. Sears and J.A. Jacko, eds. Lawrence Erlbaum Associates. 1386.
- [5] Canossa, A., Drachen, A. and Sørensen, J.R.M. 2011. Arrrgghh!!!: Blending Quantitative and Qualitative Methods to Detect Player Frustration. *Proceedings of the 6th International Conference on Foundations of Digital Games* (New York, NY, USA, 2011), 61–68.
- [6] Charlton, J.P. 2009. The determinants and expression of computer-related anger. *Computers in Human Behavior*. 25, 6 (2009), 1213–1221.
- [7] Coon, D. and Mitterer, J. 2012. *Introducción a la psicología. El acceso a la mente y la conducta*.
- [8] Damasio, A. 2005. *En busca de Spinoza. Neurobiología de la Emoción y los Sentimientos*.
- [9] Desmet, P. 2004. Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to products. *Funology*. M.A. Blythe, K. Overbeeke, A.F. Monk, and P.C. Wright, eds. Kluwer Academic Publishers. 111–123.
- [10] Ekman, P. 2003. Sixteen Enjoyable Emotions. *Emotion Researcher*. (2003), 6–7.
- [11] Ekman, P. and Friesen, W. 1976. Measuring facial movement. *Environmental Psychology and Nonverbal Behavior* (1976), 56–75.
- [12] Gupta, R. 2012. Human Computer Interaction—A Modern Overview. *International Journal*. 3, 5 (2012), 1736–1740.
- [13] Hassenzahl, M. 2012. User Experience and Experience Design. *The Encyclopedia of Human Computer Interaction, 2nd Ed.*
- [14] Jacko, Julie; Sears, A. 2008. *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Application*. CRC Press.
- [15] Johnmarshall Reeve 1996. *Motivacion y Emoción*.
- [16] Kapoor, A., Bursleson, W. and Picard, R.W. 2007. Automatic prediction of frustration. *International Journal of Human-Computer Studies*. 65, 8 (Aug. 2007), 724–736.
- [17] Kim, S. Mac, Valitutti, A. and Calvo, R.A. 2010. Evaluation of Unsupervised Emotion Models to Textual Affect Recognition. *Proceedings of the NAACL HLT 2010 Workshop on Computational Approaches to Analysis and Generation of Emotion in Text* (Stroudsburg, PA, USA, 2010), 62–70.
- [18] Lottridge, D.M. 2010. *Measuring Emotional Responses to Interaction: Evaluation of Sliders and Physiological Reactions*. University of Toronto.
- [19] Malta, L., Miyajima, C., Kitaoka, N. and Takeda, K. 2011. Analysis of Real-World Driver's Frustration. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 12, 1 (2011), 109–118.
- [20] O'Regan, K. 2003. Emotion and e-learning. *Journal of Asynchronous learning networks*. 7, 3 (2003), 78–92.
- [21] Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. and Perry, R. 2002. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational psychologist*. 37, 2 (Jun. 2002), 91–105.
- [22] Peter, C., Crane, E., Fabri, M., Agius, H. and Axelrod, L. 2008. Emotion in HCI: Designing for People. *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 2* (Swinton, UK, UK, 2008), 189–190.
- [23] Peter, C., Crane, E., Fabri, M., Agius, H. and Axelrod, L. 2008. Emotion in HCI: designing for people. *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 2* (Swinton, UK, UK, 2008), 189–190.
- [24] Real Academia de la Lengua: 2013. www.rae.es.
- [25] Shahriar, S.D. 2011. A Comparative Study on Evaluation of Methods in Capturing Emotion. (2011).
- [26] Tullis, T. and Albert, B. 2013. *Measuring the User Experience*. Elsevier.
- [27] Van, T. and Adams, E. 2012. *Design for emotion*. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- [28] Zaman, B. 2006. The FaceReader: Measuring instant fun of use. *of the 4th Nordic conference on Human-.* October (2006), 457–460

Generación de textos adaptativa basada en la elección léxica emocional

Susana Bautista
Dpto. Ingeniería del Software
e Inteligencia Artificial
Universidad Complutense de
Madrid
Madrid, Spain
subautis@fdi.ucm.es

Pablo Gervás
Instituto de Tecnología del
Conocimiento
Universidad Complutense de
Madrid
Madrid, Spain
pgervas@ucm.es

Alberto Díaz
Dpto. Ingeniería del Software
e Inteligencia Artificial
Universidad Complutense de
Madrid
Madrid, Spain
albertodiaz@fdi.ucm.es

ABSTRACT

La información emocional puede influir en distintas fases de las etapas de la generación de lenguaje. En la propuesta desarrollada en este trabajo, las emociones entran en juego en una de las etapas de la generación, en la fase de elección léxica. Presentamos un modelo abstracto para el módulo de elección léxica, que recibe como entrada el término y la carga emocional con la que se quiere generar. Mostramos un caso real, en el que utilizando recursos léxicos y emocionales para inglés, el módulo genera como salida la opción léxica más apropiada. La generación adaptativa se consigue a partir de la información emocional, ya que es la que determina la opción más apropiada.

Categories and Subject Descriptors

H.1 [Models and Principles]: Human information processing; D.2.2 [Design Tools and Techniques]: Modules and interfaces—*Modules*

General Terms

Languages

Keywords

Elección léxica, emociones, generación, adaptativa

1. INTRODUCCIÓN

La Generación de Lenguaje Natural, es un subárea del Procesamiento de Lenguaje Natural, a su vez, de la Inteligencia Artificial y relacionada con la Lingüística y otras Ciencias Cognitivas. Se encarga de la tarea de traducir datos representados en una máquina según un esquema subyacente no lingüístico a un texto legible por humanos [8]. De las distintas etapas en las que se subdivide el proceso de generación, en este trabajo nos vamos a centrar en la fase de elección léxica, donde se elige la palabra a utilizar para representar

a un concepto. Proponemos dotar a la fase de elección léxica de carga emocional, representada por estados de ánimo o emociones, para que a la hora de generar se tenga en cuenta y decidir así que palabra utilizar dentro de la lista de palabras candidatas posibles.

Somos conscientes de que los humanos manejamos información extra para determinar nuestra construcción de las frases y las expresiones que utilizamos a la hora de comunicarnos. La elección léxica es una fase crítica porque es donde se elige la palabra adecuada para un determinado concepto, en un contexto específico, siguiendo las restricciones y preferencias del sistema o del usuario. Dependiendo de determinados factores, entre ellos la carga emocional con la que se genera el texto, se utilizará una palabra u otra. Podemos ver como ejemplo, la utilización en una frase de distintos sinónimos que representan el mismo concepto, pero con diferente emoción. La carga semántica varía dependiendo de la emoción con la que se está generando, así si la emoción es de alegría, podemos decir “*our beautiful city*” y si la emoción es más neutral, podemos decir “*our fair city*”. Si la emoción es de ira, “*she destroyed the door*” frente a la neutralidad que expresa “*she broke the door*”.

La generación automática de textos adaptativa, desde el punto de vista más global, puede ir determinada por el uso de modelos de usuario, en los que se guarda información del estado de ánimo y de la personalidad del individuo. Esta información se puede utilizar a lo largo de las distintas fases de la generación para conseguir una adaptación más personalizada.

En este trabajo de investigación se presenta un modelo abstracto para implementar la fase de elección léxica emocional, y un caso concreto en inglés usando distintos recursos léxicos y emocionales que permitan adaptar la generación de texto, a la información emocional con la que se trabaja.

2. TRABAJO RELACIONADO

Dentro de la generación de textos, nuestro trabajo se centra en la fase de elección léxica, motivado además por la carga emocional con que se genera. En las siguientes secciones presentamos la lexicalización en otros sistemas, el contexto de la elección léxica y de la representación emocional.

2.1 Lexicalización en otros sistemas

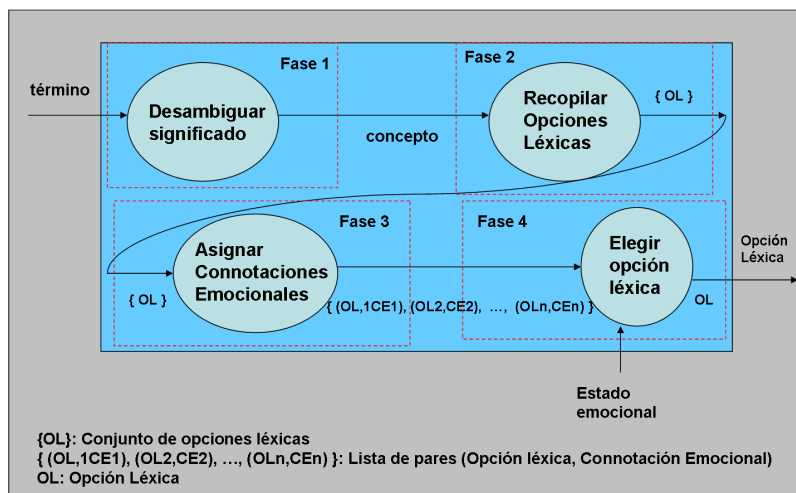


Figure 1: Modelo abstracto de la elección léxica emocional

Diferentes técnicas han sido usadas en otros sistemas para abordar el tema de la lexicalización. Beale y Viegas [2] usan un sistema capaz de planificar dependencias contextuales para elegir el mejor lexema que identifique un significado. Bangalore y Rambow [1] investigan diferentes árboles basados en modelos estocásticos para la elección léxica dependiendo de un corpus y eligen el término más frecuente. Edmonds y Hirts [4] desarrollaron un modelo computacional de conocimiento léxico que tiene en cuenta los sinónimos más cercanos.

2.2 Elección Léxica

La lexicalización es entendida como la tarea durante el proceso de generación de texto en la que se realiza la elección de palabras para cada concepto, que van a ser usadas en el texto final [3]. Para implementar la elección léxica en un sistema de generación de lenguaje natural, es necesario contar con bastante conocimiento para poder tener más de una alternativa para cada concepto del dominio y resolver adecuadamente las elecciones en cada momento.

Para ello contamos con la base de datos léxica *WordNet* [7]. En esta base de datos, la información léxica está organizada en cuatro categorías gramaticales: nombres, verbos, adjetivos y adverbios. Al buscar un término en *WordNet*, se recupera una lista de conceptos asociados a él, ordenados de mayor a menor frecuencia de aceptación, a cada concepto se le llama *synset* y cada *synset* tiene asociado una definición, una lista de palabras que son sinónimos del término buscado y una lista de ejemplos concretos.

2.3 Representación Emocional

El trabajo de modelar la generación de lenguaje natural con emociones empieza por seleccionar el subconjunto de emociones que se desea modelar. Entre las clasificaciones teóricas nos centramos en las *dimensiones emocionales* [9] que son una representación simplificada de las propiedades esenciales de las emociones. Evaluación (positiva / negativa) y activación (activa / pasiva) son las dimensiones más importantes, en algunas ocasiones se complementan con la dimensión de poder o control (dominante / sumiso).

La Lista de Palabras Emocionales (LEW) es una lista de palabras con sus emociones asociadas [5]. Está disponible en dos idiomas: inglés y castellano. En la construcción de la lista se generan dos bases de datos distintas que almacenan dos tipos de representación de emociones: una que cataloga las palabras según las categorías emocionales con las que cuenta y otra que las cataloga según las dimensiones emocionales que se les ha asociado a cada palabra. La lista ha sido obtenida a partir de un corpus marcado emocionalmente [6]. Cada palabra puede estar marcada por una o más categorías y tiene asociado los valores de *activación*, *evaluación* y *control*, junto con sus valores normalizados. La versión en inglés contiene 1448 registros, de los cuales 436 son adjetivos, 90 son adverbios, 577 son nombres y 345 son verbos. Por ejemplo, para (*beautiful, adjective*) sus dimensiones emocionales son: (5,4,5).

3. MODELO PARA LA ELECCIÓN LÉXICA EMOCIONAL

El trabajo que presentamos consiste en definir un nuevo módulo de elección léxica, en el que la carga emocional, representada por estados de ánimos o por emociones, va a ser una nueva entrada al módulo de lexicalización para llevar a cabo la elección de la palabra más adecuada.

En la Figura 1 presentamos las cuatro fases principales del modelo abstracto propuesto. El módulo recibe como entradas: el término a lexicalizar, representado por el vector (*palabra, tipo*) donde tipo puede ser nombre, adjetivo, verbo o adverbio, y la carga emocional, definida con un vector con dos de sus dimensiones emocionales (*activación, evaluación*). Descartamos la variable *control*, ya que *activación* y *evaluación* son las más importantes según las teorías de la emoción. En la primera fase, se procesa el término a través de un proceso de desambiguación del significado para obtener el concepto que lo representa. El concepto entra en la segunda fase para recopilar las distintas opciones léxicas que lo representan. La tercera fase se encarga de asignar una connotación emocional a cada opción léxica. En la cuarta fase, de todas las opciones léxicas anotadas emocionalmente, dependiendo de la emoción de entrada, se selecciona una de ellas

como salida del módulo. El modelo propuesto es un modelo abstracto que, dependiendo del lenguaje con el que se esté trabajando en el proceso de generación, necesitará usar unos recursos u otros en cada una de las etapas y aplicar un algoritmo de selección concreto en la última etapa.

En las secciones siguientes presentamos la descripción y desarrollo de cada una de las fases del modelo instanciándolo para un sistema real con recursos concretos, para llevar a cabo la elección léxica emocional dentro del proceso de generación de textos en inglés. Vamos a tomar como ejemplo el término de entrada (*beautiful, adjective*), y como carga emocional (*Euphoria*), cuyas dimensiones emocionales son (7,7).

3.1 Fase 1: Desambiguar el significado

El término de entrada es buscado en un recurso emocional, en nuestro caso en la Lista de Palabras Emocionales (LEW), para obtener sus dimensiones emocionales, *activación* y *evaluación*. Estos datos se utilizarán en el algoritmo de selección, en la última fase del modelo. Para el término de entrada (*beautiful, adjective*), se obtiene el vector (5,4).

En nuestro caso, el término que recibe como entrada viene expresado por la tupla (palabra, tipo) con el que se realiza una consulta en un recurso léxico. Nosotros usamos la base de datos léxica *WordNet* para obtener el conjunto de synsets correspondientes al término. Para (*beautiful, adjective*), *WordNet* recupera 3 synsets, podemos ver el resultado de la búsqueda en la Figura 2. A la hora de desambiguar el significado, el problema de la polisemia es tratado en el sistema de una manera simple eligiendo siempre el primer synset devuelto. Por construcción de la base de datos léxica este método garantiza que siempre se elige el significado más probable. Por lo tanto, la salida de esta primera fase es el primer synset recuperado de la consulta. Mostramos la definición del synset elegido: "*delighting the senses or exciting intellectual or emotional admiration*".

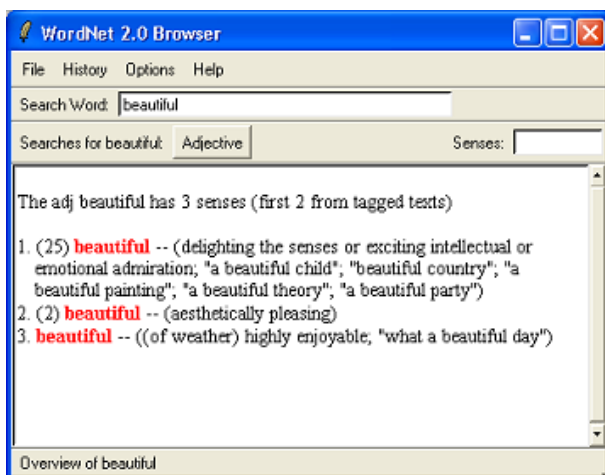


Figure 2: Resultado de la búsqueda de *beautiful* en WordNet

3.2 Fase 2: Recopilar opciones léxicas

Usando de nuevo el recurso léxico *WordNet*, obtenemos la lista de opciones léxicas correspondientes al primer synset

recuperado por *WordNet*. Para el término de entrada, obtenemos la lista de palabras candidatas: (*beautiful, fair, slightly, pretty, lovely, pleasant*). Estas palabras son consideradas por el sistema como sinónimos del término buscado, y se barajan como posibles opciones léxicas.

3.3 Fase 3: Asignar connotaciones emocionales

En esta fase usamos un recurso emocional que sea capaz de asignar a cada opción léxica sus dimensiones emocionales. Para ello, utilizamos la versión en inglés de la Lista de Palabras Emocionales (LEW). Cada palabra perteneciente a la lista de palabras candidatas, se busca en la Lista de Palabras Emocionales (LEW) y si está, se recuperan las dimensiones emocionales, *activación* y *evaluación*, asociadas a esa palabra en la base de datos correspondiente. Si la palabra no está en la lista LEW, es porque no está anotada emocionalmente en la versión de LEW que se está utilizando. En este caso la palabra se descarta como opción léxica, al no disponer de información sobre su carga emocional.

La salida de esta fase, es una lista de tuplas, (palabra, activación, evaluación) que representan todas las opciones léxicas que vamos a considerar para representar al concepto, anotadas con las dimensiones emocionales recuperadas del recurso emocional utilizado.

Para nuestro ejemplo, obtenemos la siguiente lista de tuplas: (*beautiful,5,4*), (*fair,5,4*), (*slightly,5,4*), (*pretty,5,5*), (*lovely,5,5*), (*pleasant,5,6*). La palabra de entrada está incluida en el synset que recuperamos en la fase anterior.

3.4 Fase 4: Elegir opción léxica

El algoritmo de selección de la palabra más adecuada va a calcular la distancia entre la emoción de entrada y las emociones de cada una de las palabras candidatas. Esta distancia se calcula como la distancia euclídea entre los dos vectores en el espacio bidimensional de las emociones.

Una vez que tenemos calculada la distancia entre la emoción de cada palabra candidata y la emoción de entrada, se selecciona aquella palabra que se corresponda con la distancia menor, señal de que está más cerca de la emoción. Pueden ocurrir dos casos especiales:

1. Se puede dar el caso, de que dos sinónimos tengan las mismas dimensiones emocionales asociadas, por lo que al calcular la distancia, van a coincidir. Si ocurre el caso que además es la distancia menor y son las palabras seleccionadas, el algoritmo aleatoriamente elegirá una de ellas.
2. Si la distancia menor calculada se corresponde con la palabra que representa al concepto de entrada al módulo, será la seleccionada como palabra de salida, por lo que no habrá ningún cambio léxico ya que en este caso, la mejor opción para representar el concepto con la carga emocional de entrada indicada es la palabra de entrada.

Siguiendo con nuestro ejemplo, calculamos la distancia entre los vectores de las palabras candidatas, el término de entrada y el vector de la emoción de entrada. En la Tabla 1 podemos

Table 1: Cálculo de las distancias entre los vectores de las palabras candidatas y la emoción de entrada.

Emoción	Palabras	Dimensiones	Distancia
euphoria (7, 7)	beautiful	(5,4)	3,6
	fair	(5,4)	3,6
	sightly	(5,4)	3,6
	pretty	(5,5)	2,82
	lovely	(5,5)	2,82
	pleasant	(5,6)	2,23

ver los cálculos realizados y ver que el algoritmo elige la distancia mínima y esa es la palabra seleccionada. En la Figura 3 podemos ver el espacio dimensional para la carga emocional de entrada, para el término de entrada y para cada una de las palabras candidatas. En este caso, la palabra con menos distancia y elegida es la palabra *pleasant*.

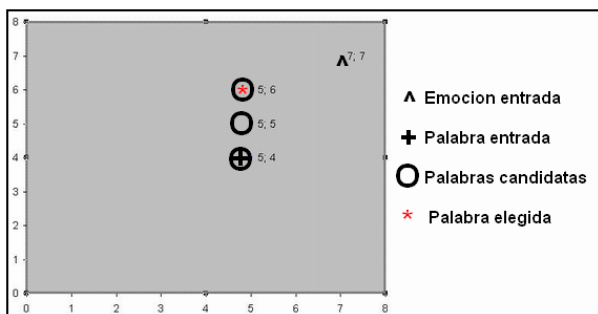


Figure 3: Espacio bidimensional de las dimensiones emocionales para *beautiful*

3.5 Validación

La validación propuesta para el prototipo es la siguiente. La idea es generar diferentes textos, cada uno con un contenido emocional distinto y disponer grupos distintos de sujetos, de tal manera que cada grupo lea sólo uno de los textos. Tras su lectura, se les entregará una lista de posibles emociones para que marquen las que crean convenientes que van asociadas al texto que han leído.

Evaluando estos resultados podemos hacer una valoración del impacto emocional que tienen los textos generados por nuestro sistema, y ver hasta qué punto la elección léxica emocional entra en juego a la hora de generar adaptativamente teniendo en cuenta la emoción de entrada del sistema.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El objetivo de la propuesta planteada en este trabajo es introducir la carga emocional en la fase de elección léxica a la hora de generar texto automáticamente y realizar una generación adaptativa basada en emociones, imitando la actitud humana de utilizar unas palabras u otras dependiendo del estado emocional en el que nos encontremos. No todos los sinónimos que representan a un concepto tienen por qué tener asignadas las mismas emociones.

La primera característica que hay que señalar es que para poder llevar a cabo la elección léxica emocional, se tiene que contar con que los términos que se quieren lexicalizar tienen

que tener una lista de sinónimos significativa y además tienen que tener información emocional.

Como líneas de trabajo futuro, nos planteamos ampliar la lista de palabras emocionales (LEW) como recurso emocional disponible que permita que la generación sea más fluida y cercana a la realidad humana. Por otro lado, el modelo presentado recupera el primer synset de WordNet, pero una mejora significativa que consideramos es resolver la desambiguación del significado para los términos polisémicos que lleguen a la fase de elección léxica teniendo en cuenta el contexto.

Además, para conseguir una generación mucho más adaptativa, sería bueno considerar un modelo de usuario teniendo en cuenta otros factores que puedan influir y aportar más información que se pueda utilizar en otras etapas de la generación.

5. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Virginia Francisco por proporcionarnos el recurso emocional que hemos usado en este trabajo. El trabajo de investigación descrito en este artículo está parcialmente financiado por el Ministerio español de Educación y Ciencia (Proyecto TIN2009-14659-C03-01), por el programa de becas FPI para el primer autor. El proyecto ConCreTe (número 611733) agradece la financiación dada por el programa de Tecnologías Emergentes y del Futuro (Future and Emerging Technologies, FET) en el Séptimo programa marco de investigación de la comisión Europea.

6. REFERENCES

- [1] S. Bangalore and O. Rambow. Corpus-based lexical choice in natural language generation, 2000.
- [2] S. Beale and E. Viegas. Intelligent planning meets intelligent planners, 1996.
- [3] L. Cahill. Lexicalisation in applied NLG systems. Technical Report ITRI-99-04, 1998.
- [4] P. Edmonds and G. Hirst. Near-synonymy and lexical choice. *Computational Linguistics*, pages 105–144, 2002.
- [5] V. Francisco. *Identificación Automática del Contenido Afectivo de un Texto y su Papel en la Presentación de Información*. PhD thesis, Universidad Complutense de Madrid., 2008.
- [6] V. Francisco and R. Hervás. EmoTag: Automated Mark Up of Affective Information in Texts. In C. Forascu, O. Postolache, G. Puscasu, and C. Vertan, editors, *Proceedings of the Doctoral Consortium in EUROLAN 2007 Summer School*, pages 5–12, Iasi, Romania, July–August 2007.
- [7] G. A. Miller, R. Beckwith, C. Fellbaum, D. Gross, and K. J. Miller. Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database. *Int J Lexicography*, 3(4):235–244, 1990.
- [8] E. Reiter and R. Dale. *Building Natural Language Generation Systems*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [9] W. Wundt. *Grundriss der Psychologie*. 1897.

Metodología de evaluación emocional en actividades educativas y de rehabilitación para personas con Síndrome de Down

Pablo Torres-Carrión
Universidad Técnica Particular de Loja
Ecuador
pvtorres@utpl.edu.ec

Carina González-González
Universidad de La Laguna
España
cjgonza@ull.edu.es

Alberto Mora Carreño
Universidad de La Laguna
España
amoracar@ull.edu.es

ABSTRACT

En este documento se describe una metodología aplicable a la evaluación de las emociones en actividades educativas y de rehabilitación en personas con síndrome de Down (en adelante SD). Esta metodología se organiza en tres fases de evaluación e incluye la plataforma TANGO:H de juegos activos basada en Kinect, una herramienta de evaluación subjetiva de emociones denominada EMODIANA y una herramienta de evaluación automática de emociones denominada HER. Además, se presenta una metodología observacional que permite realizar la evaluación emocional a través de la observación del lenguaje verbal, no verbal y de las interacciones sociales.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2. [Computers and Society]: Computing Milieux – Social Issues: *Assistive technologies for persons with disabilities.*

General Terms

Human Factors, Theory.

Keywords

Down Syndrome, HCI, AI, Digital Learning.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el síndrome de Down es la causa conocida más prevalente de la discapacidad intelectual [3]. Es importante destacar que no se trata de una enfermedad, sino que como todo síndrome posee un conjunto de signos y síntomas, siendo la discapacidad intelectual el único síntoma universal. En este sentido, presentan dificultades a nivel perceptivo-cognitivo y psicológico, a nivel comunicativo, a nivel psicomotor y a nivel de autonomía personal.

Por otra parte, algunas características de las personas con síndrome de Down están relacionadas con problemas de salud, siendo las más relevantes, a la hora de realizar intervenciones que permitan potenciar su autonomía, las siguientes [1]:

- Aparato locomotor: hipotonía muscular, laxitud de ligamentosa, inestabilidad atlo-axial, cortedad de extremidades, problemas de la columna vertebral, pelvis y tórax. Aparato cardiorespiratorio: cardiopatías, infecciones y otros problemas pulmonares.
- Aparato bucal y gastrointestinal: piezas dentales que salen tarde y mal, problemas en las encías, deglución atípica, vómitos, celiaquía, estreñimiento.
- Órganos sensoriales: vista (cataratas, miopía, hipermetropía, estrabismo), audición (hipoacusia).

- Trastornos endocrinos: hipo e hipotiroidismo, tendencia a ganar peso y a la obesidad, por reducción de su metabolismo basal.
- Trastornos del sueño: apnea del sueño.
- Trastornos psiquiátricos: trastornos afectivos, demencia, tics o trastorno de déficit de atención e hiperactividad o autismo.

Se destacan las dificultades a nivel perceptivo-cognitivo y psicológico (tendencia a la persistencia de conductas, dificultades en la generalización de conceptos y habilidades, en la transferencia de conocimiento, lentitud para procesar y codificar la información, dificultad para interpretarla, dificultad en la ubicación espacio-temporal), a nivel comunicativo (desequilibrios, problemas semánticos, lentitud en la adquisición de vocabulario y de la lectura, pragmáticos, fonéticos, articulatorios), a nivel psicomotor (retraso psicomotor, pobre coordinación y equilibrio, poco aprovechamiento del cuerpo como medio de expresión o miedo al movimiento) y a nivel de autonomía personal (problemática relacionada con actividades de la vida cotidiana, instrumentales, ocio restringido, alineado y repetitivo).

Además, presentan una mayor prevalencia de sedentarismo, siendo este hecho de gran relevancia debido a que presentan un riesgo de mortalidad 4 a 16 veces mayor por cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares [3].

En este sentido, el juego mediante la movilidad del cuerpo se convierte en una técnica educativa de gran importancia ya que desde el control del cuerpo en el espacio, hasta el encuentro con los otros, el ejercicio físico aporta equilibrio emocional, afectivo, psicomotriz y psicológico [4,8].

Algunos dispositivos comerciales, tales como la Wii o la Kinect, están siendo utilizados por la medicina para utilizarlos en la terapia ocupacional o en rehabilitación [2]. Por otra parte, encontramos diferentes tipos de software orientados a la salud, tales como los videojuegos para la prevención y promoción de la salud y otros para la mejora de la salud en general. Además de los efectos fisiológicos, la actividad física repercute positivamente sobre el bienestar psicológico, aumentando la autoestima, la satisfacción vital, y la adaptación social.

Por todo lo anterior, en nuestro trabajo presentaremos el diseño de una metodología cuyo principal objetivo es evaluar el estado emocional de las personas con síndrome de Down en intervenciones educativas y de rehabilitación cognitiva y física con plataformas de interacción gestual. El modelo de intervención se compone de un programa de ejercicios, juegos motores y

videojuegos activos propios del grupo de investigación, tales como TANGO: H [5], una herramienta de medición subjetiva de emociones denominada EMODIANA [7], una metodología observacional de emociones y una herramienta de análisis emocional denominada HER (*Human Emotion Recognition*) [10]. En esta comunicación describiremos ésta metodología y los objetivos a desarrollar utilizando este sistema con los profesionales y menores de la Asociación de Down Tenerife (España) e Instituto Diocesano de Educación Especial Hellen Keller (Ecuador).

2. METODOLOGÍA

Mediante esta metodología se pretende dotar de un procedimiento adaptado a la evaluación de las características cognitivas, físicas emocionales de la personas con SD cuando emplean plataformas de rehabilitación física y cognitiva de interacción gestual. Como caso particular, presentaremos la plataforma TANGO:H. La población destino de esta metodología son las personas con SD con edades cognitivas comprendidas entre los 7 y 12 años. Los instrumentos a utilizar serán los siguientes: a) Evaluación competencial (física y cognitiva), b) EMODIANA, c) Plataforma de rehabilitación (física y cognitiva): TANGO:H, d) Grabación de vídeos, e) Método de observación (vídeos) y f) Análisis automático de emociones con la herramienta HER.

Esta metodología consta de las diferentes etapas, instrumentos y actores involucrados en cada una de ellas (Tabla 1):

Fase	Instrumento	Actores
Pre-test	-Evaluación competencial	- Evaluadores - Personas con SD
Test	-EMODIANA -Plataforma de rehabilitación (física y cognitiva): TANGO:H - Grabación de vídeos	- Evaluadores - Profesorado - Fisioterapeutas - Personas con SD
Post-test	-Evaluación competencial -EMODIANA - Método de observación (vídeos) -Herramienta HER (vídeos)	- Evaluadores - Personas con SD

Tabla1: Esquema metodológico

A continuación se describirá como se debe desarrollar cada una de estas fases y los instrumentos a utilizar en cada una.

2.1 Pre-Test

Las medidas de atención a la diversidad no son medidas de segregación ni de exclusión, sino de inclusión, y ello requiere que cada necesidad específica sea tratada con atención específica. Por ello, debemos conocer la naturaleza de la necesidad específica: ¿qué sabe hacer?, ¿dónde tiene dificultades?, ¿cómo podemos ayudar?. Las ayudas permiten situar a las personas más cerca del éxito, de modo que deben realizarse en función de la necesidad justa para permitir el aprendizaje. Es decir ha de propiciar la actividad en el "Zona de Desarrollo Próximo (ZDP)" [8].

Una ayuda excesiva anula la acción de asimilación, relación o integración de los nuevos aprendizajes. No genera aprendizaje porque no sitúa a la persona que aprende en el lugar de la disonancia cognitiva, del conflicto, del problema.

En el otro extremo, una ayuda insuficiente no propicia que la persona que aprende pueda tener acceso a todos los componentes que han de ponerse en relación en la experiencia educativa para que la persona aprenda.

Existe una relación inversa entre el nivel competencial y el nivel de ayuda para que el aprendizaje sea posible. A mayor nivel competencial menor ayuda, y a menor nivel competencial mayor ayuda. Pero esta relación ha de considerarse en las condiciones propias de la tarea pues un exceso de ayuda puede despojar de la situación de aprendizaje.

Por tanto, la pregunta clave para determinar la ayuda apropiada para un determinado estudiante es: ¿dónde tiene dificultades? y ¿qué sabe hacer bien?.

Así pues, según sea la competencia que el profesional desee trabajar y potenciar con la plataforma de rehabilitación, podrá utilizar diversos instrumentos para la valoración de los niveles competenciales. En la Tabla 2. se presenta un resumen con algunos de los instrumentos recomendados.

Competencia	Instrumento
Capacidad Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> • K.ABC Batería de evaluación Kaufman para niños • B.Bit Test breve de inteligencia de Kaufman • Escalas WISC-R (escala de inteligencia de Wechsler para niños-revisada) • Terman Merrill. Medida de la inteligencia • Toni-2 Test de inteligencia no verbal) • MSCA Escala McCarty de aptitudes y psicomotricidad para niños. • Cumanin. Cuestionario de madurez neuropsicológica infantil. • Luria-DNI. Diagnóstico neuropsicológico infantil.
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Peabody. Test de lenguaje comprensivo a través de imágenes. • PLON. Test de lenguaje oral Navarra. • BDI. Inventario de desarrollo Battelle. • ITPA. Test Illinois de aptitudes psicolingüísticas. • EDAF. Evaluación de la discriminación.
Motricidad	<ul style="list-style-type: none"> • Bender. Test gestáltico visomotor. • Perfil psicomotor de la primera infancia de Picq y Yayer. • ICAP. Inventario para la planificación de servicios y programación individual.
Cuidado personal, vida en el hogar, habilidades sociales	<ul style="list-style-type: none"> • I CAP. Inventario para la planificación de servicios y programación individual. • West Virginia. Comportamiento adaptativo. • Escala de autorregulación de Wehmeyer. • Clasificación Internacional de la Funcionalidad (C.I.F.).
Habilidades académicas y funcionales	
Aptitudes	<ul style="list-style-type: none"> • BENHALE. Batería evaluativa de las habilidades necesarias para el aprendizaje de la lectura. • BAPAE. Batería de aptitudes para el aprendizaje. • BOEHM. Test de conceptos básicos. • Preescolar. Batería de aptitudes escolares. • Aptitudes cognoscitivas.
Percepción	<ul style="list-style-type: none"> • FROSTIG. Desarrollo de la percepción visual. • TPVNM. Test perceptivo visual no motriz

Competencia	Instrumento
Funcionamiento visual	• Adaptación informática de la plantilla de valoración del método Barraga. Integrado por 27 ejercicios que evalúan 14 funciones visuales: respuesta a la luz, enfoque, fijación, seguimiento, reconocimiento, memoria visual, diferenciación figura-fondo y otros.
Lecto-escritura	• TALE. Lectura oral comprensiva y escritura.
Cálculo	• TN-1. Test numérico.
Dimensión psicológica-emocional	• DSM-IV R. Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales. • EPQ-J. Cuestionario de personalidad. • BAS-3. Test de socialización. • Test de figura humana, casa, árbol y familia. • EPIJ. Evaluación de la personalidad infantil y juvenil.

Tabla 2. Algunos instrumentos validados de evaluación competencial [8]

2.2 Test

Una vez se determine el nivel competencial de la persona con SD, pasaremos al diseño y adaptación de las actividades con la plataforma de rehabilitación, en nuestro caso TANGO:H. Con el programa de ejercicios adaptados y personalizados, podremos comenzar con la intervención.

A esta fase de intervención, en nuestra metodología la denominaremos fase de test. En la fase de test se realizarán las diferentes sesiones de intervención, las cuales tendrán una duración media de 45 minutos a 1 hora. Se estimarán tantas sesiones como ejercicios sean necesarios para lograr los objetivos propuestos. Estas sesiones serán grabadas en vídeo para ser posteriormente analizadas en la fase de post-test.

En las sesiones se utilizarán principalmente dos instrumentos: a) TANGO:H y b) la EMODIANA. A continuación, comentaremos estos instrumentos y cómo deben utilizarse en la sesión.

2.2.1 TANGO:H

TANGO: H [9] es una plataforma de rehabilitación física y cognitiva, basada en el sensor Kinect, que tiene además un diseñador de actividades. En este sentido, el diseñador de actividades llamado TANGO:H Designer, es una herramienta que permite a los profesionales (terapeutas, educadores y psicólogos) crear ejercicios adaptados a las necesidades particulares de cada estudiante o grupos de estudiantes y controlar su evolución. La interfaz de TANGO:H para el usuario final, es un juego activo, en donde se realizan los ejercicios físicos y cognitivos previamente creados y en donde, la interacción con el sistema se realiza a través de los movimientos del cuerpo y gestos. Esta combinación del editor y módulos de juego existentes, permite una gran variedad de ejercicios, personalizados y adaptados a las características de los estudiantes.

2.2.2. EMODIANA

La EMODIANA es un instrumento de evaluación emocional subjetiva para niños y niñas de entre 7 y 12 años, basado en Premo© [7]. Este instrumento validado fue creado para poder evaluar emociones en situaciones educativas con juegos motores y videojuegos.

La EMODIANA agrega nuevas expresiones gráficas de emociones a Premo© y etiquetas que aseguran su comprensión por parte de los niños y niñas. Esta herramienta además incluye la posibilidad de la valoración de la intensidad emocional a través del uso de la diana. Por tanto, podemos decir que la EMODIANA contribuye a minimizar los errores en la evaluación subjetiva de las emociones de los niños y niñas, debidos a la incompreensión de los elementos gráficos o del lenguaje utilizado.

El procedimiento de utilización de la EMODIANA se divide en dos fases, según los momentos de la sesión en donde se aplique el instrumento: fase pre-sesión y fase post-sesión. De esta forma, al entrar en la sesión, el evaluador/a presenta al niño/a la EMODIANA (imantada), le pregunta al niño/a cómo se siente y le pide que ubique un imán gráfico en la diana, diciéndole que en el centro de la diana es la mayor intensidad (mucho) y el exterior la menor intensidad (poco). Luego, le pregunta que explique las causas o razones de por qué ha dicho que se siente de esa forma. Este procedimiento se registra en una hoja de registro emocional de la sesión, incluyendo valores cuantitativos (emoción e intensidad) y cualitativos (explicaciones dadas por los niños/as). Al terminar la sesión, el evaluador/a repetirá el procedimiento de registro, pidiéndole al niño/a que diga qué siente, en qué intensidad y por qué se siente así, y lo registrará en la hoja de registro de la sesión.

2.3 Post-Test

Al finalizar el programa de intervención, se realizará nuevamente la evaluación competencial, repitiendo los instrumentos de evaluación que hayan sido utilizados en la fase de pre-test. Además, la información cuantitativa y cualitativa de la EMODIANA recogida en las sesiones de intervención debe ser analizada siguiendo procedimientos estadísticos para el análisis cuantitativo (medias, frecuencias, varianzas, etc.) y para el análisis cualitativo (códigos y categorías, fiabilidad, y concordancia).

Por otra parte, se utilizará un método de observación estructurado para el análisis de los vídeos de las sesiones. Esta observación será complementada con una herramienta automática de análisis de emociones que utiliza el vídeo como base para analizar las expresiones del rostro, denominada HER. A continuación podemos ver imagen con las emociones resultantes de analizar una captura de *frame* de un vídeo (Figura 1).



Figura 1. Interfaz de la herramienta HER

Este método analiza las emociones a través de la observación del lenguaje no verbal, el lenguaje verbal y la interacción social (Tabla 3).

Emociones

Lenguaje no verbal	<ul style="list-style-type: none"> - Gestos ilustrativos - Expresiones faciales: <ul style="list-style-type: none"> *Miraremos las expresiones positivas, negativas y neutras *Miradas: fija la mirada en el suelo si está distraído o si hay conflicto -Gestos emocionales: <ul style="list-style-type: none"> *Reducir tensión: acicalarse el pelo, rascarse, etc. *Estados de conflicto o emociones negativas: chuparse el dedo *Cansancio: tocarse el pelo, orejas, bostezar *Agresividad: se inclinan hacia adelante *Empatía: imitan a la otra persona *Tacto: contactos táctiles entre los niños, por si sienten nerviosismo o están molestos.
Lenguaje Verbal	<ul style="list-style-type: none"> -Positivas: ¡Jajaja!, ¡Sí!, ¡Toma!, etc. -Negativas: ¡Nooo!, ¡Aarr!, ¡Psk!, ¡Jo!, ¡no puedo!, etc. -Neutras: Silencio, etc.
Interacción social (en ejercicios grupales)	<ul style="list-style-type: none"> -Tipos de interacción: <ul style="list-style-type: none"> *Interactúa con los con observadores: los participantes preguntan, dudan, etc. *Comportamientos desencadenados por los observadores: si los comentarios de los observadores activan tanto las conductas verbales y no verbales en los jugadores. *Compartir experiencias: los jugadores comparten experiencias con los demás, reflejando el comportamiento expresivo (por ejemplo, riendo juntos) *Cooperación: algunos jugadores compartieron consejos y se ayudaban unos a para superar las dificultades *Competencia (COM): los jugadores competían por ejemplo por el puntaje. *Intentos de interactuar fallidos (AI): Los jugadores intentan interactuar pero el otro jugador hace caso omiso de ellos.

Tabla 3. Emociones a través de la observación del lenguaje no verbal, el lenguaje verbal y la interacción social

3. CONCLUSIONES Y LÍNEAS ABIERTAS

En este trabajo se ha presentado una metodología aplicable a la evaluación de las emociones en actividades educativas y de rehabilitación en personas con síndrome de Down, dividida en tres fases perfectamente relacionadas en el tiempo (pre-test, test y post-test), empleando para ello distintos instrumentos, en donde destacaremos la herramienta TANGO:H como plataforma gestual de rehabilitación cognitiva y física. La evaluación de las emociones se realiza a través de la EMODIANA y de un método estructurado observacional. Las emociones se analizan a través de las valoraciones subjetivas de los usuarios (en el caso de la EMODIANA) y del lenguaje verbal, no verbal y de las interacciones sociales (en el caso del método observacional). Además del método observacional de las grabaciones en vídeo de

las sesiones, se incluye una herramienta denominada HER que permite realizar una evaluación automática de las emociones a través de los vídeos. Además, se incorporan otros instrumentos necesarios para la valoración del nivel competencial de los alumnos y alumnas con SD. Esta metodología está siendo aplicada para el análisis emocional de las intervenciones educativas y de rehabilitación física y cognitiva con personas con SD y con personas sin SD, tanto en España como en Ecuador. Una vez obtenidos y estudiados los datos recabados de este estudio se analizará si existen diferencias en las el análisis emocional de las personas con SD con respecto a personas que no tienen SD. Este análisis de las emociones permitirá adaptar la metodología a las características de SD.

4. REFERENCIAS

- [1] Barrios Fernández, S.(2012). Un programa de actividad física en personas con síndrome de Down.
- [2] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. (2010). "Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance". *Gait Posture*. 2010 Mar; 31(3):307-10.
- [3] Corretger J., (2005). Síndrome de Down: Aspectos médicos actuales. Barcelona Masson. 2005.
- [4] García-Ferrando, M. (2006). Postmodernidad y deporte: entre la individualización y la masificación. Encuesta sobre los hábitos deportivos de los españoles, 2005. Madrid: Consejo Superior de Deportes-Centro de Investigaciones Sociológicas.
- [5] González, C. S. Toledo P., Padrón M., Santos E., Cairós M. (2013). Including Gamification Techniques in the Design of TANGO: H Platform. *Jurnal Teknolog.* Vol. 63 no3. DOI: <http://dx.doi.org/10.11113/jt.v63.1958>
- [6] González, C. S. Toledo P., Padrón M., Santos E., Cairós M. (2013) TANGO:H: Creating Active Educational Games for Hospitalized Children.
- [7] González, C. S, Cairós Gonzalez, M. , Navarro-Adelantado V. (2013) EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas
- [8] González & del Castillo-Olivares, (2014). Zona de Desarrollo Próximo (ZDP)"
- [9] Guixeres J., Alvarez J., Alcañiz M., Lurbe E., Saiz J. (2011). Terapias en Obesidad infantil: Estudio de los videojuegos activos como promotor del ejercicio físico. : II Congreso del deporte en Edad Escolar. Valencia, España, 26-28 de Octubre de 2011.
- [10] Plascencia, S. (2014). Ontologías para Emociones: HER Human Emotion Recognition. Trabajo final de carrera. Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador.

Usabilidad y Experiencia de Usuario

Potential Individual Differences Regarding Automation Effects in Automated Driving

Moritz Körber
Institute of Ergonomics, TU München
Boltzmannstraße 15
87547 Garching
+49 89 289 15376
koerber@lfe.mw.tum.de

Klaus Bengler
Institute of Ergonomics, TU München
Boltzmannstraße 15
87547 Garching
+49 89 289 15400
bengler@lfe.mw.tum.de

ABSTRACT

Currently, the legal, technical and psychological regulatory framework of automated driving is being discussed by car manufacturers and researchers to guarantee its safe and smooth introduction into the traffic system. This discussion is accompanied by plenty of studies that seek to study the human side of the interaction with automation and to expose potential problems and hazards. Past research from other domains has shown that the studies' subjects differ considerably, for example in their abilities (e.g. ability to monitor) or in their attitudes (e.g. trust in automation). In this work we discuss potential individual differences – classified into dispositions, stable traits, operator state, attitudes and demographics – that could influence the human performance in interactions with automation. Where they exist, valid methods of measurement are referenced. The review closes with a deduction of potential risk groups that were inferred based on the reviewed literature.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems – *Human factors*.

General Terms

Performance, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Individual differences, automation, human performance.

1. INTRODUCTION

Technological progress in advanced driving assistance systems (ADAS; [15]) nowadays provides the ability to let the longitudinal control (e.g. Adaptive Cruise Control; ACC) as well as the lateral control (e.g. Lane Keeping Assistant) be carried out by these systems [20]. Currently, advances in sensory technology and data processing make it possible to remove the driver completely from the driving task in such a way that, contrary to manual driving, a vehicle automation system fully operates the vehicle. In case of partial automation, the driver still has to monitor the automation throughout all the time. In case of highly automated driving, the driver only has to pay attention and take

back control if it is requested by the automation (a so-called take over request; TOR), caused for example by a system failure [17]. The goals of introducing automation are to reduce the driver's workload [72], and to increase traffic safety [36, 56] and comfort [73]. Automation has already been an energetically discussed topic in other domains like aviation [47, 84], and multiple authors have highlighted the potential risks that accompany the benefits [3]. In order to minimize these risks, many researchers are currently conducting studies to analyze human performance in handling a vehicle automation system, and to expose potentially dangerous situations [16, 21]. If a study is to produce valid representative results, a representative sample must be used. Conclusions from current studies on vehicle automation are therefore limited, firstly, because they in many cases use a specific group participants (e.g. employees, test drivers, students) and secondly, because they concentrate on means and the average population. It is crucial to also consider the distribution boundaries in order to guarantee safe use for the whole population. For example, instead of the mean reaction time, Sohn and Stepleman [71] recommend using 85th or 99th percentile data in order to give a suggestion for a safe headway distance. This paper lists individual differences that could potentially influence human performance in interactions with vehicle automation and therefore should be considered in the process of choosing participants, inferring results and discussing limitations.

2. POTENTIAL INDIVIDUAL DIFFERENCES

The following section is structured according to dispositional factors, stable personality traits and behavior patterns, current operator state, attitudes and demographic factors. Thereby, we take into consideration the current situation and condition of a participant (states, attitudes) as well as stable factors that are distinctive for the participant and do not change or vary much. There are further relevant influence factors, e.g. the participant's instruction to an experiment, that do not directly trace back to individual differences and therefore are not being discussed in this paper, but still remain important.

2.1 Dispositional Factors

A disposition refers to a person's innate natural abilities that are seen as more or less unaffected by learning. One of the most crucial dispositions in traffic safety is the *individual reaction time* to events. Even if the driving task is carried out by a vehicle automation system, reaction times still remain important: If the automation reaches a system limit or fails, the driver is required to quickly take back control as a response to a take over request (TOR; e.g. an earcon) by the vehicle. Manual driving requires the driver's attention constantly on the road, but automated driving makes it possible for the driver to engage himself in other activities like reading the newspaper or playing a video game and

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

this opportunity is used increasingly with increasing level of automation [6]. Hence, if a TOR is signaled, the driver's attention is probably focused on a non-driving activity, and because of that an individual's ability to detect the TOR signal outside of his attentional focus (i.e. spotlight of attention) and then to react adequately and quick is crucial for a fast takeover. The combination of those two abilities is called *peripheral detection*. Its operationalization, the *peripheral detection task* [23], could be used to assess how fast an individual can naturally react to a TOR signal independent of the experimental setup.

When the driver reacts to the TOR signal, he then quickly has to refocus on the traffic situation, scan the vehicle's environment and comprehend what is going on – i.e. gain situation awareness [11]. This process is determined by the individual's *perceptual speed* [34] and the *speed of information processing* [13]. In addition, there is evidence of differences in the *ability to switch between tasks* [44] which could be an important determinant of takeover quality too. Tests for these constructs [13, 34, 83] could be used to remove bias in the data.

In the case of partial automation, the driver still has to keep the automation under surveillance and takes the passive role of a system monitor. Individual differences in a person's ability to monitor and sustain attention to rare and randomly appearing stimuli, also known as *vigilance*, have been the focus of research for a long time [35]. A decrement in signal detection can be found from a 30-min watch, a time frame that is also relevant for automated highway drives. Variability in monitoring ability becomes apparent in the sensitivity to target stimuli, in the reaction times to them, in the number of false alarms and in the decrement of these indicators over time. Monitoring is perceived as stressful and hard work [81] because one has to use attentional resources to remain focused despite a low stimulus rate: The task is monotonous and not demanding, effort has to be spent to stay alert and on-task, also known as state-related effort [9]. Therefore, if a driver uses partial automation for a longer period of time, his attentional resources could more or less slowly diminish, and eventually his reaction times could increase and sensitivity could decrease. Temple and colleagues [75] introduced a 12-minute *short vigilance test* (SVT) that can induce the vigilance decrement within a very short time. Test performance could be a relevant predictor of a person's ability to stay attentive in partially automated driving.

2.2 Traits

Stable personality traits determine behavior patterns and explain individual differences in responses to a certain situation, condition or task characteristic as a moderator variable. As already mentioned, in the case of partial automation, the driver takes on a passive monitor role confronted with low event frequency and almost no novel stimulation, which leads to states of monotony and boredom [74]. Mindlessness theory [58] proposes that in such states, the mind starts to wander and thoughts and inner monologues occur that are unrelated to the task [18, 24]. The occupation with thoughts leads to more variability in response times [64] and to longer response times to events [86]. The subject is lost in thought and takes longer to detect critical situations, to respond to events and to regain situation awareness. Individuals differ in their ability to concentrate, to sustain their attention and to stay on task [65]. For example, people with a high *propensity to daydream* [2] perform worse in vigilance tasks. Scores of the correspondent questionnaire developed by Singer

and Antrobus [66] could therefore be a promising covariate for studies with monotonous conditions. Mrazek and colleagues [45] recently published and validated a trait-level questionnaire on mind wandering, the *Mind-Wandering Questionnaire* (MWQ). 5 items measure the extent to which a person is prone to the interruption of task focus by task-unrelated thought (TUT; [70]), which is seen to be responsible for attentional lapses in response times during driving [86]. Broadbent and Colleagues [4] have developed a related questionnaire, the *Cognitive Failures Questionnaire* (CFQ), a self-report inventory that focuses instead on lapses of attention and slips of action [14]. Since monitoring the system requires a person to stay attentive for considerable uninterrupted periods of time, this could be a promising branch for research.

Research on vigilance tasks also shows that these tasks are perceived as mentally straining and distressing [81]. Therefore it is important to have a look at how individuals deal with the imposed workload and stress. The Coping Inventories for Task Stress (CITS; [38]) distinguishes between three coping strategies: *task-focused coping*, *emotion-focused coping* and *avoidance*. Task-focus coping represents the strategy of creating a plan to solve the task in the best way and finding a way of coping within the task. Emotion-focused coping tries to reduce the task-induced stress via positive emotions and positive thinking. Avoidance represents the strategy of negating the importance of the task and distracting oneself from the task. Research has shown [65] that individuals who rely on task-focus coping perform better in vigilance tasks, and individuals with avoidance coping perform worse. This relationship could also transfer to automated driving.

Monitoring tasks are generally seen as boring [62], and boredom leads to less engagement with the task and increased engagement with other activities or mind wandering [24]. Farmer and Sundberg [12] pointed out that there are individual differences in how fast individuals become bored. They introduce the *Boredom Proneness Scale*, a questionnaire that measures how much stimulation is enough to keep a person from becoming bored. In their model of fatigue, May and Baldwin [41] remark that the causes of negative effects of fatigue can be categorized in *active task-related fatigue*, *passive task-related fatigue* and *sleep-related fatigue*. They state that monotonous driving, underload conditions and automated driving promote passive task-related fatigue. Matthews and colleagues [40] published the *Driver Stress Inventory* (DSI), a questionnaire that measures – in addition to aggression, dislike of driving, hazard monitoring, and thrill-seeking – a subject's proneness to fatigue. The items include ratings about changes in boredom, attention and vision that appear due to a long drive. If a study includes a long or very monotonous drive and possibly even a high level of automation, it could be useful to use this questionnaire as a covariate. Less automation-specific, but still potentially relevant is the personality trait of preserving task motivation and energetic arousal even during boring tasks, which can be controlled by use of the *Dundee Stress State Questionnaire* (DSSQ, [39]). This questionnaire contains a factor called *task engagement* that quantifies a person's ability to stay motivated, energetically aroused and concentrated, which is positively correlated to vigilance performance [65].

Currently, to our knowledge, there is no naturalistic driving study published about how much individuals can really free themselves from monitoring the automation even in a highly automated drive. It is possible that the driver, especially in the beginning, still monitors the automation the whole drive because of a lack of trust

or experience. Therefore, these results could be important not only for partial automation but also for high automation.

2.3 Driver State

Studies on automated driving often use reaction times to the TOR and visual attention as dependent variables in their experimental design (e.g. [20]). Goel and colleagues [19] have shown that many factors relevant to driving performance, such as reaction times and attention, are affected by *sleep deprivation* and resulting *sleepiness*, which can also be seen in real accident data [7]. Evidence like the post-lunch dip in performance caused by *circadian rhythm* [57] suggests that sleepiness may also play a role in studies that do not especially focus on it. The *Karolinska Sleepiness Scale* [1] is a one-item questionnaire that validly measures current sleepiness and is sensitive to deterioration in driving performance due to sleepiness [52]. A related state questionnaire is the *Epworth Sleepiness Scale* [29] which is a measure of general propensity toward *daytime sleepiness*. The passive role in an automated drive and the seated body position represent a situation that could induce daytime sleepiness. Indeed, people with a high propensity show more micro-sleeps in a driving simulator [43], and the questionnaire scores are positively correlated to reported nodding off in real traffic [78].

2.4 Attitudes

One of the best-known problems in interacting with automation is *complacency*, a strategy of allocating attention away from an automated task to another concurrent task [50]. In situations of high workload and concurrent tasks, the operator relies on the automation, shifts his attention away, and failures in these functions are then not detected. The tendency to complacency is influenced by automation reliability [48], but also by the operator himself, for example his expertise with the system [67], propensity to attentional lapses [53] and individual complacency potential [69]. An individual's vulnerability can be assessed by the Complacency-Potential Rating Scale [68]. In addition to that, individual *trust in automation* provides a potential for complacency, but complacency is not a direct consequence of it. Trust in automation represents the personal attitude of how much one relies on the automation and of how much one thinks that the automation is beneficial [33]. This attitude determines the operator's reliance on automation and his attentional strategy, e.g. how much he gets involved in non-driving activities. Merritt and Ilgen [42] reported that besides actual objective automated machine characteristics (e.g. reliability), the perception of an automated machine has a significant impact on the trust in an automated machine. Furthermore, the subjective perception is in turn influenced by the operator's personality and propensity to trust. The negative effect of automation failures on trust in automation were also dependent on the subjects' general propensity to trust, another indicator of the importance of personality in human-automation interaction. In another study, Parasuraman and colleagues [48] show that constant reliability of an automation leads to lower failure detection rates, and this lowered rate is probably caused by over-reliance, i.e. too much trust in automation. Detection of hazardous situations can also suffer if the driver over-trusts the automation, i.e. if he relies on the automation beyond the automation's abilities and does not maintain an appropriate situation awareness to respond adequately and in time. For example, Damböck [8] found that with an increasing level of automation, visual attention is increasingly relocated away from the driving scene to a secondary task.

Beyond that, performance measures also exist: overreliance leads to later braking with ACC, [54] and trust calibrated to the system's abilities leads to better takeover reactions in automated driving [25]. To sum up, trust in automation and complacency determine attention allocation and thereby the maintenance of situation awareness, which is crucial for being ready to take over vehicle control and to detect system failures.

2.5 Demographics and Other Factors

The impairments that come with increasing *age* have been noted in various articles and are relevant for traffic safety: the perception of hazards is slowed down [27], reaction times to hazards are longer [82], the information processing speed is slower [79], the visual search is altered [37], older drivers make more mistakes in estimating the speed of other vehicles [63], they take longer to switch tasks [32], and they have problems in novel situations and with fast decisions [22]. In addition, their monitoring ability is lowered: They detect fewer signals and produce more false alarms in a vigilance test [10], and their vigilance decrement is greater [49]. Furthermore, their interaction with automation is different because they perceive automation reliability differently and therefore differ in how much they trust in automation [61]. It is therefore very likely that the ability to monitor an automated vehicle and the ability to take over and respond appropriately within seconds is impaired for older people. Petermann-Stock and colleagues [51] found no significant difference in the reaction time to a TOR signal between younger (25–35 years) and older (50–70 years) drivers although the difference was up to 1s in the high workload condition. The degree of the impairments caused by aging is highly variable [28] and accordingly the standard deviation in the study's sample was very high for the older driver group, which could be the reason for the non-significant results. Also, no immediate reaction by the participants was necessary, because the take over situation was rather uncritical. It is possible that the drivers took their time to comfortably take over and this could have ruled out any differences in reaction times. Thus it is not certain whether situations that can be solved by young drivers can also be solved by older drivers.

Although it is common practice to collect information about the subject's driving experience – e.g. to exclude novice drivers from the sample – little attention is paid to *expertise with ADAS and automation*. As already mentioned, expertise with a system promotes the tendency toward complacent behavior [67]; it also influences risk perception [26, 55] and influences trust in a system [60]. For this reason, not only driving experience, but also experience with ADAS and automation should be collected by means of a questionnaire.

A disease that is relevant to monitoring automation is *attention deficit hyperactivity disorder* (ADHD) since patients with that disorder are greatly vulnerable to distraction, tend to wander with their thoughts and have trouble remaining calmly in a single position. Accordingly, they perform worse in vigilance tasks [85]. The inattentiveness may be caused by deficits in central executive processing [31], particularly deficits in working memory that have already been associated with impairment in vigilance performance [5]. Symptoms of ADHD can still be prevalent in personality traits in adulthood without reaching a pathological level [46]. This can be seen in studies that found a relationship between personality traits like extraversion or impulsivity and impairment in vigilance performance [30, 59, 76]. In addition, monotonous,

long-distance driving leads to a greater decrease in vigilance and increase in fatigue for individuals who score high on extraversion and sensation-seeking [77, 80]. Neuropsychological tests that are sensitive for ADHD, for example for *subtests for working memory* [83], could therefore exhibit predictive validity.

Table 1. Overview of the mentioned potential individual differences.

Category	Relevant Constructs
Dispositional Factors	Individual reaction time; peripheral detection; perceptual speed; speed of information processing; ability to switch between tasks; vigilance performance.
Traits	Propensity to daydream/mind wandering/attentional lapses; coping strategy; boredom proneness; task engagement.
Driver State	Prior night sleep/sleep deprivation; current sleepiness; circadian rhythm; daytime sleepiness.
Attitudes	Complacency-potential, trust in automation.
Demographics and Other Factors	Age; expertise with ADAS and automation; ADHD; working memory capacity.

3. CONCLUSION

In this article, we reviewed literature on potential individual differences in interaction with vehicle automation. It became evident that the participant's age, because of its multiple and well-studied accompanied impairments, is a major influence factor: slower reaction times and slower information processing lead to a deteriorated ability to respond to critical traffic situations and TORs. Another relevant group is formed by individuals who get bored easily, need a lot of stimulation to stay on task and tend to solve this boredom or monotony with mind wandering and distractive thoughts or activities. Beyond that, individual strategies of attention allocation, and the degree of trust in automation determine how drivers interact with the automation. Future studies could, first of all, empirically estimate effect sizes of the mentioned constructs in the interaction with automation. In addition, it is necessary to examine the relationships between the mentioned factors and quantitatively compare their effects on operating a vehicle automation. Besides that, this article is exclusively focused on individual differences. There are other factors outside of this focus, e.g. the effects of instruction or of training that are also relevant for the interaction with automation and should for sure also be considered for discussion and further empirical research. Ultimately, more naturalistic driving studies have to be conducted in order to determine the actual interrelationship of automated driving on participant's subjective state.

4. References

- [1] Åkerstedt, T. and Gillberg, M. 1990. Subjective and Objective Sleepiness in the Active Individual. *Int J Neurosci* 52, 1-2, 29–37.
- [2] Antrobus, J. S., Coleman, R., and Singer, J. L. 1967. Signal-Detection Performance by Subjects Differing in Predisposition to Daydreaming. *Journal of Consulting Psychology* 31, 5, 487–491.
- [3] Bainbridge, L. 1983. Ironies of automation. *Automatica* 19, 6, 775–779.
- [4] Broadbent, D. E., Cooper, P. F., FitzGerald, P., and Parkes, K. R. 1982. The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *Br J Clin Psychol* 21 (Pt 1), 1–16.
- [5] Caggiano, D. M. and Parasuraman, R. 2004. The role of memory representation in the vigilance decrement. *Psychonomic Bulletin & Review* 11, 5, 932–937.
- [6] Carsten, O., Lai, F. C. H., Barnard, Y., Jamson, A. H., and Merat, N. 2012. Control Task Substitution in Semiautomated Driving: Does It Matter What Aspects Are Automated? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 54, 5, 747–761.
- [7] Connor, J., Whitlock, G., Norton, R., and Jackson, R. 2001. The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accident Analysis & Prevention* 33, 1, 31–41.
- [8] Damböck, D. 2013. *Automationseffekte im Fahrzeug – von der Reaktion zur Übernahme*. Dissertation, Technische Universität München.
- [9] De Waard, D. 1996. *The Measurement of Drivers' Mental Workload*. Doctoral, University of Groningen.
- [10] Deaton, J. E. and Parasuraman, R. 1993. Sensory and Cognitive Vigilance: Effects of Age on Performance and Subjective Workload. *Human Performance* 6, 1, 71–97.
- [11] Endsley, M. R. 1995. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. *hum factors* 37, 1, 65–84.
- [12] Farmer, R. and Sundberg, N. D. 1986. Boredom Proneness -The Development and Correlates of a New Scale. *Journal of Personality Assessment* 50, 1, 4–17.
- [13] Finkel, D., Reynolds, C. A., McArdle, J. J., and Pedersen, N. L. 2007. Age changes in processing speed as a leading indicator of cognitive aging. *Psychology and Aging* 22, 3, 558–568.
- [14] Finomore, V. S., Matthews, G., Shaw, T. H., and Warm, J. S. 2009. Predicting vigilance: A fresh look at an old problem. *TERG* 52, 7, 791–808.
- [15] Flemisch, F. O., Bengler, K., Bubb, H., Winner, H., and Bruder, R. 2014. Towards cooperative guidance and control of highly automated vehicles: H-Mode and Conduct-by-Wire. *Ergonomics* 57, 3, 343–360.
- [16] Funke, G., Matthews, G., Warm, J. S., and Emo, A. K. 2007. Vehicle automation: a remedy for driver stress? *Ergonomics* 50, 8, 1302–1323.
- [17] Gasser, T. M. 2012. *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. *Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe F 83*.
- [18] Giambra, L. M. 1989. Task-unrelated thought frequency as a function of age: A laboratory study. *Psychology and Aging* 4, 2, 136–143.
- [19] Goel, N., Rao, H., Durmer, J., and Dinges, D. 2009. Neurocognitive Consequences of Sleep Deprivation. *Semin Neurol* 29, 04, 320–339.

- [20] Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., and Bengler, K. 2013. "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 57, 1, 1938–1942.
- [21] Gold, C., Lorenz, L., Damböck, D., and Bengler, K. 2013. *Partially Automated Driving as a Fallback Level of High Automation*. 6. Tagung Fahrerassistenzsysteme. Der Weg zum automatischen Fahren.
- [22] Guerrier, J. H., Manivannan, P., and Nair, S. N. 1999. The role of working memory, field dependence, visual search, and reaction time in the left turn performance of older female drivers. *Applied Ergonomics* 30, 2, 109–119.
- [23] Harms, L. and Patten, C. 2003. Peripheral detection as a measure of driver distraction. A study of memory-based versus system-based navigation in a built-up area. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 6, 1, 23–36.
- [24] He, J., Becic, E., Lee, Y.-C., and McCarley, J. S. 2011. Mind Wandering Behind the Wheel: Performance and Oculomotor Correlates. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 53, 1, 13–21.
- [25] Helldin, T., Falkman, G., Riveiro, M., and Davidsson, S. 2013. Presenting system uncertainty in automotive UIs for supporting trust calibration in autonomous driving. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. ACM, New York, NY, 210–217.
- [26] Hoedemaeker, M. and Brookhuis, K. A. 1998. Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC). *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 1, 2, 95–106.
- [27] Horswill, M. S., Marrington, S. A., McCullough, C. M., Wood, J., Pachana, N. A., McWilliam, J., and Raikos, M. K. 2008. The hazard perception ability of older drivers. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 63, 4, P212–P218.
- [28] Hultsch, D. F., MacDonald, S. W. S., and Dixon, R. A. 2002. Variability in Reaction Time Performance of Younger and Older Adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences* 57, 2, P101.
- [29] Johns, M. W. 1991. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 14, 6, 540–545.
- [30] Koelega, H. S. 1992. Extraversion and vigilance performance: 30 years of inconsistencies. *Psychol Bull* 112, 2, 239–258.
- [31] Kofler, M. J., Rapport, M. D., Bolden, J., Sarver, D. E., and Raiker, J. S. 2010. ADHD and Working Memory: The Impact of Central Executive Deficits and Exceeding Storage/Rehearsal Capacity on Observed Inattentive Behavior. *J Abnorm Child Psychol* 38, 2, 149–161.
- [32] Kray, J. and Lindenberger, U. 2000. Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging* 15, 1, 126–147.
- [33] Lee, J. D. and See, K. A. 2004. Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 46, 1, 50–80.
- [34] Lövdén, M., Ghisletta, P., and Lindenberger, U. 2005. Social Participation Attenuates Decline in Perceptual Speed in Old and Very Old Age. *Psychology and Aging* 20, 3, 423–434.
- [35] Mackworth, N. H. 1948. The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 1, 1, 6–21.
- [36] Makishita, H. and Matsunaga, K. 2008. Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload. *Accident Analysis & Prevention* 40, 2, 567–575.
- [37] Maltz, M. and Shinar, D. 1999. Eye movements of younger and older drivers. *Hum Factors* 41, 1, 15–25.
- [38] Matthews, G. and Campbell, S. E. 1998. Task-Induced Stress and Individual Differences in Coping. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 42, 11, 821–825.
- [39] Matthews, G. and Desmond, P. A. 2002. Task-induced fatigue states and simulated driving performance. *Q J Exp Psychol A* 55, 2, 659–686.
- [40] Matthews, G., Desmond, P. A., Joyner, L. A., Carcary, B., and Gilliland, K. 1997. A comprehensive questionnaire measure of driver stress and affect. In *Traffic and transport psychology. Theory and application*, T. Rothengatter and V. Carbonell, Eds. Pergamon, Amsterdam [u.a.], 317–324.
- [41] May, J. F. and Baldwin, C. L. 2009. Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 12, 3, 218–224.
- [42] Merritt, S. M. and Ilgen, D. R. 2008. Not All Trust Is Created Equal: Dispositional and History-Based Trust in Human-Automation Interactions. *hum factors* 50, 2, 194–210.
- [43] Moller, H. J., Kayumov, L., Bulmash, E. L., Shapiro, C. M., and Kennedy, S. H. 2005. Simulator Performance Vs. Neurophysiologic Monitoring: Which Is More Relevant To Assess Driving Impairment? In *Proceedings of the 3rd International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design. Driving assessment 2005 : Samoset Resort on the Ocean, Rockport, Maine, USA, June 27-30, 2005*. University of Iowa, Public Policy Center, Iowa City, Iowa, 210–217.
- [44] Monsell, S. 2003. Task switching. *Trends in Cognitive Sciences* 7, 3, 134–140.
- [45] Mrazek, M. D., Phillips, D. T., Franklin, M. S., Broadway, J. M., and Schooler, J. W. 2013. Young and restless: validation of the Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) reveals disruptive impact of mind-wandering for youth. *Front. Psychol.* 4.
- [46] Nigg, J. T., John, O. P., Blaskey, L. G., Huang-Pollock, C. L., Willcutt, E. G., Hinshaw, S. P., and Pennington, B. 2002. Big five dimensions and ADHD symptoms: links between personality traits and clinical symptoms. *J Pers Soc Psychol* 83, 2, 451–469.
- [47] Norman, D. A. 1990. The 'problem' with automation: inappropriate feedback and interaction, not 'over-automation'. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 327, 1241, 585–593.
- [48] Parasuraman, R., Molloy, R., and Singh, I. L. 1993. Performance Consequences of Automation-Induced 'Complacency'. *The International Journal of Aviation Psychology* 3, 1, 1–23.
- [49] Parasuraman, R., Nestor, P. G., and Greenwood, P. 1989. Sustained-attention capacity in young and older adults. *Psychology and Aging* 4, 3, 339–345.
- [50] Parasuraman, R., Sheridan, T. B., and Wickens, C. 2008. Situation Awareness, Mental Workload, and Trust in

- Automation: Viable, Empirically Supported Cognitive Engineering Constructs. *J Cogn Engng Dec Making* 2, 2, 140–160.
- [51] Petermann-Stock, I., Hackenberg, L., Muhr, T., and Mergl, C. 2013. Wie lange braucht der Fahrer – eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt. In *6. Tagung Fahrerassistenzsysteme. Der Weg zum automatischen Fahren*. TÜV SÜD Akademie GmbH.
- [52] Philip, P., Sagaspe, P., Taillard, J., Valtat, C., Moore, N., Åkerstedt, T., Charles, A., and Bioulac, B. 2005. Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions. *Sleep* 28, 12, 1511–1516.
- [53] Prinzel, Lawrence J., III, DeVries, H., Freeman, F. G., and Mikulka, P. 2001. *Examination of Automation-Induced Complacency and Individual Difference Variates*. NASA Langley Research Center, Hampton, VA.
- [54] Rajaonah, B., Anceaux, F., and Vienne, F. 2006. Trust and the use of adaptive cruise control: a study of a cut-in situation. *Cognition, Technology & Work* 8, 2, 146–155.
- [55] Rajaonah, B., Tricot, N., Anceaux, F., and Millot, P. 2008. The role of intervening variables in driver-ACC cooperation. *International Journal of Human-Computer Studies* 66, 3, 185–197.
- [56] Recarte, M. A. and Nunes, L. M. 2003. Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 9, 2, 119–137.
- [57] Reyner, L. A., Wells, S. J., Mortlock, V., and Horne, J. A. 2012. ‘Post-lunch’ sleepiness during prolonged, monotonous driving — Effects of meal size. *Physiology & Behavior* 105, 4, 1088–1091.
- [58] Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., and Yiend, J. 1997. ‘Oops!’: Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia* 35, 6, 747–758.
- [59] Rose, C. L., Murphy, L. B., Byard, L., and Nikzad, K. 2002. The role of the Big Five personality factors in vigilance performance and workload. *Eur. J. Pers.* 16, 3, 185–200.
- [60] Rudin-Brown, C. M. and Parker, H. A. 2004. Behavioural adaptation to adaptive cruise control (ACC): implications for preventive strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 7, 2, 59–76.
- [61] Sanchez, J., Fisk, A. D., and Rogers, W. A. 2004. Reliability and Age-Related Effects on Trust and Reliance of a Decision Support Aid. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 48, 3, 586–589.
- [62] Scerbo, M. W. 1998. What's so boring about vigilance? In *Viewing psychology as a whole: The integrative science of William N. Dember*, R. R. Hoffman, M. F. Sherrick and J. S. Warm, Eds. American Psychological Association, Washington, 145–166.
- [63] Scialfa, C. T., Guzy, L. T., Leibowitz, H. W., Garvey, P. M., and Tyrrell, R. A. 1991. Age differences in estimating vehicle velocity. *Psychology and Aging* 6, 1, 60–66.
- [64] Seli, P., Cheyne, J. A., and Smilek, D. 2013. Wandering minds and wavering rhythms: Linking mind wandering and behavioral variability. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 39, 1, 1–5.
- [65] Shaw, T. H., Matthews, G., Warm, J. S., Finomore, V. S., Silverman, L., and Costa, P. T. 2010. Individual differences in vigilance: Personality, ability and states of stress. *Journal of Research in Personality* 44, 3, 297–308.
- [66] Singer, J. and Antrobus, J. S. 1972. Daydreaming, imaginal processes, and personality: A normative study. In *The function and nature of imagery*, P. W. Sheehan and J. S. Antrobus, Eds. Academic Press, New York.
- [67] Singh, I. L., Molloy, R., Mouloua, M., Deaton, J., and Parasuraman, R. 1998. Cognitive ergonomics of cockpit automation. In *Human cognition. A multidisciplinary perspective*, I. Singh and R. Parasuraman, Eds. Sage Publications, New Delhi, Thousand Oaks, Calif, 242–253.
- [68] Singh, I. L., Molloy, R., and Parasuraman, R. 1993. Automation- Induced "Complacency": Development of the Complacency-Potential Rating Scale. *The International Journal of Aviation Psychology* 3, 2, 111–122.
- [69] Singh, I. L., Molloy, R., and Parasuraman, R. 1993. Individual Differences in Monitoring Failures of Automation. *The Journal of General Psychology* 120, 3, 357–373.
- [70] Smallwood, J. and Schooler, J. W. 2006. The restless mind. *Psychological Bulletin* 132, 6, 946–958.
- [71] Sohn, S. Y. and Stepleman, R. 1998. Meta-analysis on total braking time. *Ergonomics* 41, 8, 1129–1140.
- [72] Stanton, N. A. and Young, M. S. 1998. Vehicle automation and driving performance. *Ergonomics* 41, 7, 1014–1028.
- [73] Stanton, N. A. and Young, M. S. 2005. Driver behaviour with adaptive cruise control. *Ergonomics* 48, 10, 1294–1313.
- [74] Straussberger, S. *Monotony In Air Traffic Control - Contributing Factors And Mitigation Strategies*. Dissertation, Karl-Franzens-University Graz.
- [75] Temple, J. G., Warm, J. S., Dember, W. N., Jones, K. S., LaGrange, C. M., and Matthews, G. 2000. The Effects of Signal Salience and Caffeine on Performance, Workload, and Stress in an Abbreviated Vigilance Task. *hum factors* 42, 2, 183–194.
- [76] Thackray, R. I., Jones, K. N., and Touchstone, R. M. 1974. Personality And Physiological Correlates Of Performance Decrement On A Monotonous Task Requiring Sustained Attention. *British Journal of Psychology* 65, 3, 351–358.
- [77] Thiffault, P. and Bergeron, J. 2003. Fatigue and individual differences in monotonous simulated driving. *Personality and Individual Differences* 34, 1, 159–176.
- [78] Turkington, P. M. 2001. Relationship between obstructive sleep apnoea, driving simulator performance, and risk of road traffic accidents. *Thorax* 56, 10, 800–805.
- [79] Verhaeghen, P. and Salthouse, T. A. 1997. Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin* 122, 3, 231–249.
- [80] Verwey, W. B. and Zaidel, D. M. 2000. Predicting drowsiness accidents from personal attributes, eye blinks and ongoing driving behaviour. *Personality and Individual Differences* 28, 1, 123–142.
- [81] Warm, J. S., Parasuraman, R., and Matthews, G. 2008. Vigilance Requires Hard Mental Work and Is Stressful. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50, 3, 433–441.
- [82] Warshawsky-Livne, L. and Shinar, D. 2002. Effects of uncertainty, transmission type, driver age and gender on brake reaction and movement time. *J Safety Res* 33, 1, 117–128.

- [83] Wechsler, D. 2008. *Wechsler Adult Intelligence Scale—Fourth Edition (WAIS-IV)*. NCS Pearson, San Antonio, TX.
- [84] Wiener, E. L. and Curry, R. E. 1980. Flight-deck automation: promises and problems. *Ergonomics* 23, 10, 995–1011.
- [85] Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., and Pennington, B. F. 2005. Validity of the Executive Function Theory of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Biological Psychiatry* 57, 11, 1336–1346.
- [86] Yanko, M. R., Spalek, T. M., Yanko, M. R., and Spalek, T. M. 2013. Driving With the Wandering Mind: The Effect That Mind-Wandering Has on Driving Performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 56, 2, 260–269.

Evaluación de estándares HMI: Aplicación de la guía GEDIS a los Sistemas SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias

Said Filali¹, Carina González¹, Carlos Lecuona²

¹Departamento de Ingeniería Informática y de Sistema. Universidad de La Laguna (ULL).

Email: [saidfilali88;carina211}@gmail.com](mailto:{saidfilali88;carina211}@gmail.com)

²Departamento de Ingeniería. Instituto de Tecnologías y Energías Renovables (ITER).

Email: lecuona@iter.es

ABSTRACT

En este trabajo se presenta la evaluación de las interfaces de la sala del Centro de Operaciones NOC (Network Operations Center) del NAP (Network Access Point de Canarias) siguiendo estándares y normativas relacionadas a HMI, así como la guía ergonómica de supervisión GEDIS. En base a los resultados obtenidos, se presenta un prototipo de mejora de la interfaz actual utilizada por los operarios del sistema de supervisión.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. [User Interfaces]

General Terms

Design, Security, Human Factors.

Keywords

Ergonomía, HMI, SCADA, Factores Humanos, Estándares

1. INTRODUCCIÓN

En tareas de supervisión humana de salas de control industrial están implicadas de forma genérica disciplinas como la seguridad y la ergonomía física, así como la ingeniería de la usabilidad y la ergonomía cognitiva, ya que aportan pautas para realizar y mejorar el diseño de salas de control centradas en el usuario[1].

Para realizar el proceso de supervisión y control en este tipo de salas, habitualmente se utilizan sistemas del tipo SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) [2]. Un sistema SCADA es un software que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia y que facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores).

La tarea de mantener informado al operador de lo que está sucediendo en alguna parte del proceso productivo la realiza la Interfaz Humano-Máquina (HMI), la importancia de que exista una buena comunicación entre estos, como parte de un sistema de control de procesos automatizados, radica en que sólo así se podrán analizar las diferentes anomalías que puedan suceder además de ajustar los diversos parámetros relacionados al proceso de control. La labor de supervisar representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo, de ésta

acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En la supervisión descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se llevan a cabo. Por lo que se tiene una toma de decisiones sobre las acciones de control por parte del supervisor, que muchas veces, como en nuestro caso, recaen sobre el operario.

Por ello, una HMI debe contener tanto componentes gráficos como componentes numéricos, además debe utilizar terminología estandarizada y clara para el usuario final. Además, se recomienda que las variables de proceso y variable de control sean lo más claras posibles para el usuario, asimismo, se debe mantener un registro histórico de las variaciones ocurridas, esto con el fin de estudiar su comportamiento y poder realizar las predicciones respectivas.

Este trabajo tiene el objetivo de aplicar y analizar bajo las diferentes técnicas y estándares de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario los sistemas HMI/SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias, identificando los principales problemas y dando las recomendaciones de mejora en base a los resultados obtenidos. Específicamente, se pretende aplicar una guía ergonómica de diseño (GEDIS)[3], así como diversos estándares y normativas, para la mejora del sistema actual de la sala de control del NAP: el Sistema de Gestión de Edificación, BMS (Building Management System) del edificio D-ALIX. En base a los resultados obtenidos se presenta un prototipo de mejora de la interfaz actual utilizada por los operarios del Centro de Operaciones, NOC (Network Operations Center).

2. SISTEMA ACTUAL: BMS

El Centro de Operaciones NOC del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER) se encarga de monitorizar las diversas infraestructuras del Data Center como son la climatización, suministro eléctrico, protección contra incendios, seguridad, centros técnicos, parques eólicos, plantas fotovoltaicas, así como las distintas infraestructuras desplegadas alrededor del cable submarino perteneciente al consorcio de Cana-Link (el cable que une la Península y Canarias, el anillo terrestre y la Red IRIS). Para unificar algunos de estos Sistemas y facilitar la tarea diaria al personal del NOC, el ITER utiliza como software

SCADA el sistema BMS, que es un software especializado en la gestión de edificios.

El principio de funcionamiento de este tipo de softwares es similar a todas las tecnologías que se especializan en automatización industrial, es decir, posee un entorno gráfico que permite la programación de los controladores, además de la instrumentación típica para estos tipos de proyectos.

La aplicación está dividida en cinco módulos: a) Módulo de lectura de la red, b) Módulo de análisis de datos y almacenamiento, c) Módulo de datos, d) Módulo de Informes y e) Módulo de Interfaz de Usuario. Tres de éstos módulos (Módulo de análisis de datos y almacenamiento, Módulo de datos y Módulo de Informes) tienen una interfaz Web Services (WS). El Módulo de lectura de la red se encarga de la toma de datos de los dispositivos de la red ALiX [4], de forma periódica interroga la red obteniendo estados, alarmas y variables, esta información se envía al Módulo de análisis de datos y almacenamiento para su procesamiento, a partir del análisis de las variables se generan nuevas alarmas que se suman a las ya existentes y se les asigna una importancia (peso). Por último toda esta información junto con algunas variables se almacena en el Módulo de Datos.

El Módulo de análisis y almacenamiento de datos también se encarga de guardar los datos en bruto de la última lectura de cada uno de los dispositivos de la red, sólo se almacena la última lectura de cada dispositivo eliminando la anterior, con esta información se puede obtener una imagen en tiempo real de lo que está sucediendo en la red.

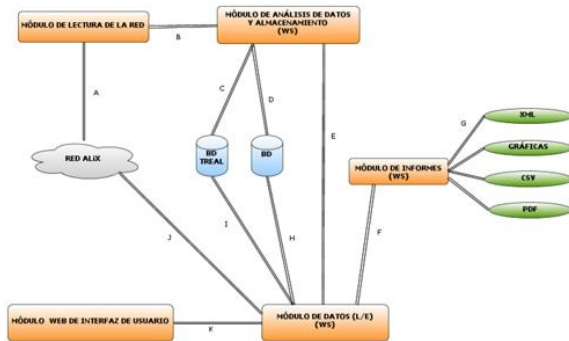


Figura 1. Estructura del BMS ALiX 2.0

MLR: Módulo de lectura de la red	MDD: Módulo de datos (L/E)	MDI: Módulo de Informes
MWU: Módulo de interfaz de usuario	MAA: Módulo de análisis de datos y almacenamiento	

A continuación se reflejan las relaciones existentes entre los módulos de la Figura 1, así como los protocolos que emplean:

- A) **MLR => Red ALiX:** Interroga HTTP, Modbus y SNMP
- B) **MLR => MAA:** Envío HTTP-XML mensaje WS
- C) **MAA => BD TReal:** Consulta SQL ADODB
- D) **MAA => BD:** Consulta SQL ADODB
- E) **MAA <=> MDD:** Bidireccional envío HTTP-XML mensaje WS

- F) **MDD <=> MDI:** Bidireccional envío HTTP-XML mensaje WS

El Módulo de Datos (L/E), a partir de la información almacenada, suministra todos los métodos para la obtención de información útil para el usuario (últimas alarmas, alarmas reconocidas, histórico de eventos, etc.) el módulo de interfaz de usuario y el de informes hacen uso de esta información para su funcionamiento. Aparte de los métodos para obtener información de la red el Módulo de Datos también dispone de métodos para interactuar con los dispositivos de la red (apagado/encendido de grupos, modificar consignas, etc.) y a través de la interfaz WS para tres de los módulos se permite que aplicaciones externas puedan suministrar y obtener datos de la aplicación.

3. EVALUACIÓN: APLICACIÓN DE LA GUÍA GEDIS AL BMS Y SISTEMAS SCADA DEL NAP

La guía GEDIS ha sido confeccionada cruzando información del diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario (Granollers et. al., 2005) junto a trabajos centrados en la formalización de criterios ergonómicos (Bach y Scapin, 2003), (Bastien et. al., 1996) y las directrices heurísticas de Nielsen (Nielsen, 1994). Una de las diferencias respecto a las metodologías previamente desarrolladas radica en que la guía GEDIS, además de ofrecer directrices genéricas sobre criterios ergonómicos en el diseño, aporta de forma original un método de evaluación numérica que permite la valoración de la calidad de la interfaz (Ponsa y Díaz, 2007).

La guía se estructura en 2 partes. En la primera parte de la guía se detalla un conjunto de indicadores seleccionados de las pautas de diseño de interfaces multimedia que utilizan los ingenieros informáticos y los expertos en interacción persona ordenador (Shneiderman y Plaisant, 2006), (AIPO, 2007), (Granollers et. al., 2005). Por otra parte, la segunda parte de GEDIS muestra cómo pueden hallarse medidas cuantitativas de evaluación de los indicadores para la obtención de un valor numérico final que permita al diseñador/usuario valorar las posibles mejoras de la interfaz de supervisión. A su vez, este valor permite la comparación con otras interfaces.

La evaluación expresada en forma numérica cuantitativa o bien en formato cualitativo pretende promover la reflexión del usuario que rellena la guía GEDIS a modo de cuestionario, de manera que recoja la experiencia de uso que en muchas ocasiones no llega a verbalizarse.

Las ecuaciones para la medida de los indicadores son las siguientes:

$$Indicador = \frac{\sum_{j=1}^j w_j Subind_j}{\sum_{j=1}^j w_j}$$

$$Eval_global = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_i ind_i}{\sum_{i=1}^{10} p_i}$$

Con la primera ecuación, podemos determinar el valor de cada indicador mediante la suma total de los respectivos subindicadores partido por el nº de subindicadores que tiene cada indicador. En la segunda ecuación, se determina el total de la evaluación global, como el resultado de la suma de los indicadores, dividido por el nº de indicadores que evaluamos en la aplicación.

Ambas ecuaciones incluyen pesos idénticos a los indicadores y subindicadores, que pretenden cubrir los aspectos del diseño de la interfaz.

A continuación en la Tabla 1 se detallan la evaluación obtenida del BMS actual, teniendo en cuenta los indicadores de la guía GEDIS, siendo a=apropiado, m=medio y na = no apropiado.

Tabla 1. Evaluación GEDIS del BMS actual.

Nombre_indicador	Rango numérico/cualitativo del BMS	
Estructura	4,3	
Existencia de mapa	[SI, NO] [5,0]	5
Número de niveles le	[le<4, le>4] [5,0]	5
División: planta, área	[a, m, na] [5, 3, 0]	3
Distribución	4	
Comparación con modelo	[a, m, na][5,3,0]	4
Flujo del proceso	[claro, medio, no claro] [5,3,0]	4
Densidad	[a, m, na] [5,3,0]	4
Navegación	5	
Relación con	[a, m, na] [5,3,0]	5
Estructura	5	
Navegación entre pantallas	[a, m, na] [5,3,0]	5
Color	4,2	
Ausencia de combinaciones no apropiadas	[Si, No][5,0]	5
Número de colores c	[4<c<7, c>7][5,0]	5
Ausencia de intermitencia (caso sin alarma)	[Si, No][5,0]	5
Contraste entre fondo pantalla y los objetos gráficos	[a, m, na] [5,3,0]	3
Relación con Texto	[a, m, na] [5, 3, 0]	3
Texto	3,25	
Número de fuentes f	[f<4, f>4][5, 0]	5
Ausencia de fuentes pequeñas (mínima fuente 8)	[Si, No][5, 0]	0
Ausencia de combinaciones no apropiadas	[Si, No]	5
Uso de abreviaciones	[a, m, na][5,3,0]	3
Estado de los dispositivos	2,5	
Símbolos e iconos uniformes	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Representación del estado del equipo	[Si, No][5,0]	0
Valores de Proceso	4	
Visibilidad	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Localización	[a, m, na][5, 3, 0]	3
Gráficos y Tablas	4	
Formato	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Visibilidad	[a, m, na][5, 3, 0]	3
Localización	[a, m, na][5, 3, 0]	3
Agrupamiento	[a, m, na][5, 3, 0]	5

Comandos de entrada de datos	5	
Visibilidad	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Uso	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Realimentación	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Alarmas	5	
Visibilidad pantalla de alarmas	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Localización	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Conocimiento de la situación	[Si, No] [5, 0]	5
Agrupamiento de alarmas	[a, m, na][5, 3, 0]	5
Información al operario	[a, m, na][5, 3, 0]	5

La evaluación obtenida en la tabla 1, se ha realizado junto al supervisor del BMS, a 6 operarios del NOC y al diseñador del Sistema, aplicando los criterios que marca la guía GEDIS, así como las normativas aplicadas.

Los resultados obtenidos con esta evaluación cuantitativa se puede decir que es muy satisfactoria a un nivel general, dentro de los indicadores evaluados se ha detectado mejoras, para el indicador Texto y Estado de los dispositivos.

Los cambios de mejora introducidos en los indicadores anteriores se detallan a continuación, en cuanto a texto, la pantalla de incidencias se ha incrementado el tamaño de letra, para los eventos de alarma, warning y sin comunicación. Respecto al indicador del estado de los dispositivos, se ha optimizado el uso de los recursos del Servidor del BMS, anteriormente la pantalla del SCADA de Unifilar del D-ALiX, para la interrogación del estado de los dispositivos, esta pantalla trabajaba a muy bajo nivel estableciendo las comunicaciones con los dispositivos a nivel de pasarelas Modbus, se ha cambiado la lógica de trabajo para realizar la consulta del estado de los dispositivos a nivel de consultas SQL, a la Base de Datos, con esta mejora el trabajo se ha extendido hacia la usabilidad. Por lo tanto se ha procedido a la incorporación de esta pantalla para ser utilizada por los operarios del NOC.

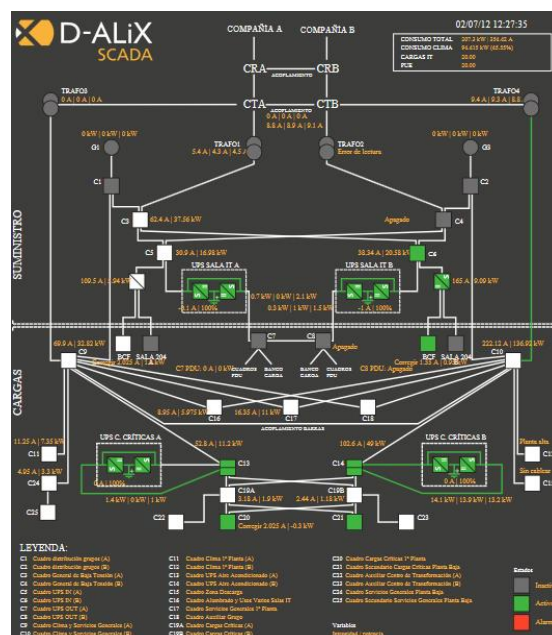


Figura 2: SCADA de Unifilar del D-ALiX

Asimismo, además de la aplicación de la guía GEDIS, se han tenido en cuenta estándares internacionales como son la ISO 11064 [5], que establece principios, recomendaciones y requerimientos para ser aplicados en el diseño de centros de control y la EEMUA 191.

Con la norma EEMUA 191 [6], que es un conjunto de directrices para la gestión de alarmas, se ha evaluado el Sistema de Alarmas y eventos del D-ALiX para la medición de los ratios marcados por esta norma, como son el promedio de alarmas por hora, el número máximo de alarmas por hora, tiempo de respuesta del operador, etc.

En la evaluación del rendimiento de los Sistemas de Alarmas del BMS, se han obtenido resultados positivos, entre ellos, el número de alarmas que se puedan dar en 10 minutos es menor a 2, por lo tanto el Sistema es manejable, para los operarios. El número de alarmas que se pueden dar durante los 10 primeros minutos después de haberse producido la primera alarma crítica, este dato es muy relativo, ya que es dependiente del equipo que falle el número de alarmas que se podrían disparar se ha llegado a contar 7 alarmas. Por lo tanto es un valor inferior al que marca la norma EEMUA 191, que son de 10 alarmas como máximo, para que el sistema de gestión sea predecible.

Una vez evaluado la interfaz del BMS, se han propuesto diversas mejoras para el rediseño de la interfaz de varias pantallas, así como la reubicación de estas. En la figura 3, podemos ver un ejemplo de pantalla antigua del Sistema SCADA utilizado en el NOC para la monitorización de las plantas fotovoltaicas y en la Figura 4, una mejora de esta pantalla así como la posterior integración en el BMS. Por lo tanto de esta manera se ha puede eliminar el uso del Sistema SCADA Wonderware.



Figura 3. Antigua Interfaz de las Plantas Fotovoltaicas

En la figura anterior se puede observar la detección de una alarma en la planta Suelo, se pinta un pixel de color rojo, que es difícil detecta por el ojo humano, con una sola mirada. Es necesario esforzar la vista para poder visualizar esta alarma.



Figura 4. Nueva interfaz de las Plantas Fotovoltaicas

Ahora con la nueva pantalla, el operario del NOC puede detectar con facilidad las alarmas, avisos o fallos de comunicación tanto de los inversores así como de las Plantas Fotovoltaicas.

También con esta nueva pantalla, se puede conocer en tiempo real la producción de las plantas solares, temperaturas de los inversores y la irradiación solar.

Uno de los aspectos que aportan la claridad en el uso de la guía GEDIS es la comparación entre una pantalla original y una posible pantalla futura que incorpore las mejoras.

3. CONCLUSIONES

La guía GEDIS es una aproximación metodológica que aúna los esfuerzos de la ingeniería de sistemas y la ergonomía para la mejora de la eficacia de los sistemas persona-máquina en una sala de control industrial. Por ello, creemos que con la realización de este trabajo se ha logrado avanzar en la mejora del diseño de interfaz de un sistema de supervisión y control industrial como es el BMS.

La aplicación de la guía GEDIS al estudio de casos, aportan una serie de indicadores sobre diferentes aspectos de la interfaz que permite atender y mejorar dichos aspectos, además de un índice de evaluación global cuantitativo sobre el estado actual de la interfaz, que nos permitirá comparar el estado actual respecto al estado futuro después de aplicar las medidas correctivas. Por ello, consideramos que es una herramienta idónea junto a los otros estándares empleados en este trabajo, para la evaluación y mejora continua de los sistemas, los cuales están vivos y siguen en constante crecimiento. La relación entre la ingeniería de la usabilidad y el diseño de sala de control permite a los profesionales de diversas áreas, como son los ingenieros de sistemas e informática industrial, junto a los profesionales de la ergonomía, trabajar con un mismo enfoque, para la consecución del desarrollo de una aplicación de control industrial. Durante este trabajo, se ha trabajado conjuntamente con los supervisores y operarios del NOC. Destacar que es imprescindible reflejar la experiencia del operario de sala de control en la tarea de supervisión, así como con el equipo técnico encargado de desarrollar la aplicación.

4. REFERENCIAS

- [1] Pere Ponsa, Beatriz Amante, Marta Díaz. Evaluación de la usabilidad para la tarea de supervisión humana en sala de control industrial. Revista Iberoamericana de automática e informática industrial. ISSN-e 1697-7912, Vol. 6, N°. 1, 2009.
- [2] Aquilino Rodríguez Penin. Sistemas SCADA. 1ª Edición 2006, ISBN: 8426714188
- [3] Pere Ponsa, Ramon Vilanova, Marta Díaz, Anton Gomá. E-minds: Interface design improvement in supervisory control. Vol. I No. 3 (Dec. 2007). ISSN: 1697-9613. <http://www.epevg.upc.edu/hcd/material/adicional/eminds.pdf>.
- [4] Walther Delgado. BMS ALiX 2.0: Estructura de la aplicación. 5 Septiembre 2012. Versión 0.1.
- [5] Estándar ISO 11064 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=54419
- [6] EEMUA 191. <http://www.eemua.org/pdf/EEMUA191-Presentation>

Integrating Field Studies in Agile Development to Evaluate Usability on Context Dependant Mobile Applications

Juan-Miguel López-Gil
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
C/Nieves Cano 12
01006 Vitoria-Gasteiz
+34 945014057

Maite Urretavizcaya, Begoña Losada, Isabel Fernández-Castro
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
Paseo Manuel de Lardizabal 1
20018 Donostia-San Sebastián
+34 943 018054

{juanmiguel.lopez, maite.urretavizcaya, b.losada, isabel.fernandez}@ehu.es

ABSTRACT

Agile development is a current trend in Software Engineering which is encouraged by the special needs of interactive systems that require incorporating usability engineering in their development processes. In this regard, *how usability assessment of mobile interactive applications should be conducted in the frame of agile methodologies* is an open question. On the one hand, usability evaluation consumes time and resources, which can make agile methodologies lose their agile essence. On the other hand, there is a considerable debate about whether user interactions with mobile systems should be investigated in the field or in more traditional laboratory environments.

This paper presents the results of a field study conducted in an interactive context-dependant mobile application. This study allowed detecting different interaction patterns and contextual factors that are difficult or impossible to simulate in laboratory. The way and timing in which evaluations were performed were carefully considered to optimize the cost in time and resources. The integration of field evaluations in agile processes, as the one here presented, is consistent with the objective of improving product quality through incremental assessments.

Categories and Subject Descriptors

D.2.10 [Software Engineering]: Design – Methodologies

H.1.2 [User / Machine Systems]: Human information processing

H.3.4 [Systems and Software]: Performance evaluation (efficiency and effectiveness)

General Terms

Design

Keywords

Agile development methodologies, usability evaluation, mobile application development, context, field studies

1. INTRODUCTION

Agile methodologies are trendy interactive software development strategies. These methodologies apply: time-boxed iterative and evolutionary software developments, adaptive planning, evolutionary delivery, and rapid and flexible response to change.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interaccion'14, September 10–12, 2014, Tenerife, Spain.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

The “big design up front” approaches to software development, particularly those following the waterfall lifecycle, do not easily support change or feedback [2]. To avoid these problems, the Agile Alliance focuses on people-oriented issues and apply development techniques that really support change [1]. One of the values promoted by the Agile Alliance is the higher importance of customer collaboration over contract negotiation [17]. Therefore, these methodologies are based on involving customers in assessments to progressively and incrementally reflect their performance tests throughout the development. As [2] states, “*Only your customers can tell you what they want*”.

Due to the requirements of interactive systems, usability issues must be incorporated in the development processes. The concept of usability is defined as the *degree to which a product is tailored to its users’ needs*, so it can be used to achieve specific goals in a use context with effectiveness, efficiency and satisfaction [8]. As software with poor usability can reduce its productivity and acceptance [20], the construction of interactive systems must take usability assessment into account. So, user interactions must be observed and evaluated to determine *how to make systems more usable* [5], as well as the systems must *be evaluated by using appropriate usability techniques* that can be applied from early stages of the development process [18].

The evolution of hardware on mobile devices has influenced in the software development and has been remarkable in recent years. Besides, the current focus on agile development has changed the way and timing of the evaluation of interactive applications, and this focus has been also included in mobile applications. Noticeably, the incremental assessment and usability evaluation should also be considered in this agile framework. Nowadays, an extensive typology of applications exist that take mobile features into account. Among these applications, context dependants ones are mainly devoted to mobile devices. There has been considerable debate over whether user interactions with interactive mobile systems should be evaluated in field studies or in more traditional laboratory environments. Traditional usability evaluation methods are more suited to controlled laboratory environments but fail to capture the complexity and richness of the real world in which applications are located [23].

This article shows the results of evaluating usability on a context dependant mobile application, which was developed using an agile methodology [15]. The goal of the assessment processes undertaken in this phase of the project was to evaluate the fulfilment of the usability objectives with a summative approach [25]. With this aim, two types of evaluations were performed that used the same techniques and metrics but with different characteristics. The first one (A) was developed in a fixed place and independent from the context (*laboratory setting*); the second

one (B) was carried out in the moving real scenario, in which it is intended to be used (*field study*).

The contributions here presented just derive from the analysis of the *field study* results (B). This analysis detected different interaction patterns compared to the ones found in a *laboratory setting* (A). Conducting evaluations in the real context scenario also allows detecting context-related problems that are difficult or impossible to detect or simulate in laboratory. These kinds of evaluations have been found very convenient for agile methodologies that seek to improve product quality through incremental assessments. Moreover, the evolutionary and repetitive evaluations required in agile developments favour the detection of problems in context dependant field evaluations. Anyway, the time and the resources spent to perform the field study must be carefully considered when integrating field studies in agile methodologies.

The rest of the paper is structured as follows. Next section summarizes related research work. Section 3 explains how the study was performed and shows the results. In section 4, a discussion about the obtained results is presented. Finally, section 5 outlines the conclusions and future work.

2. RELATED WORK

Agile methods are empirical in the sense they only depend upon experience or observation, without due regard to science and theory. Thus, control and prediction are purely based on observation of a pattern [3]. Schwaber and Highsmith state all empirical processes are “chaordic”, in the sense there is no point in planning software development or even trying to predict it [6]. Rather, the only possible course of action is to observe it and report the results [3].

Agile architects ensure their technical conception actually work by writing a small version of the application. The goal is to write just enough code as to verify that *what is thought to work will really work* [2]. So, after a functional version of a prototype is built, it must be evaluated by project stakeholders to verify it meets their needs. Ambler also suggests some tips while prototyping: *work with real users, get stakeholders to work with the prototype, base the prototype in the application requirements, prototype features that can be actually build and enlist a user interface expert to help designing it*.

Generally speaking, agile methods promote empirical processes in unstable domains. In these domains, the frequent measurement and dynamic response to variable events give rise to large changes [11]. Furthermore, the agile methods that integrate usability engineering techniques define a relevant research line in current agile methodological proposals [7][19][15].

Regarding usability testing in mobile environments, Zhang exposes the challenges to be addressed: mobile context, multimodality, connectivity, small screen size, different display resolutions, limited power and processing capability, and restrictive data entry methods [27]. On the other hand, Dey defines mobile context as any information system that characterizes a situation by considering the interaction between users, applications and the surrounding environment [4].

Several authors have compared *field study* and *laboratory* usability evaluations, and obtained different conclusions. Some of them highlight the advantages of field evaluation when the use-context plays a main role. Field studies provide insight into those aspects of the current usage that are crucial for successful design

but hard to create in laboratory, such as interruptions, complex patterns of cooperation or physical environment [20] [24]. In this regard, some comparisons made for mobile systems concluded it is definitely *worth conducting usability evaluations in the field* [21]. However, other studies showed that *the added value when conducting usability evaluations in the field is very small*, and that *recreating central aspects of the use context in a laboratory setting enables to identify the same usability problem list* [10]. These contradictory conclusions have been criticized on the basis of *different experimental procedures and data collection facilities* [21]. Besides, other authors state that it is different to test a consumer application compared to applications designed for professionals, in which their tasks are clearly displayed [9]. Otherwise, some authors recommend laboratory experiments when the testing focus is centred on both the user interface and the device-oriented usability issues. However, they recommend field studies for investigating a wider range of factors affecting the overall acceptance of mobile services, which included system functions and impact of usage contexts [26].

3. FIELD STUDY

This section details how the field study was performed. After the study background, their objectives, participants, usability evaluation techniques, materials (questionnaires, templates and scenarios) and instruments (mobile phone and user logging module) are described. The procedure used to perform the field study is explained next. Finally, the obtained results are expressed by means of the usability measures captured in the study.

3.1 Background

The FindMyPlace mobile application, here presented, is devoted to helping users to find physical locations inside the Computer Science Faculty of Donostia/San Sebastián. The application uses the building plans of the faculty and helps its users to reach locations inside the building and to obtain information about its staff. The application is based on a server client model, in which users handle an Android application installed on their phone. By means of a data connection to a mobile or WiFi network it accesses to the server where information is stored. The application has been developed by using InterMod agile software development methodology [15]. InterMod controls software development by means of User Objectives (UO), i.e. user desires that can be met by one or more functional and/or non-functional requirements. Every UO is a complete logical unit as well as a part of the final result. Besides, each UO is carried out by means of several models developed by work teams throughout several activities performed in different iterations.

During the development process, FindMyPlace was incrementally evaluated by means of usability evaluation techniques conducted in laboratory [16]. The way and timing in which these evaluations were performed were carefully considered to optimize their time and resources cost. Even though these usability techniques were suitably integrated in the agile developments process, the application still needed to be tested in its real use context. In that moment, the application developed was so robust as to allow being evaluated by means of a realistic field study. We sought to improve product quality through this incremental assessment including a field study.

3.2 Objectives

The study pursued three main objectives:

1. To ensure the application met user’s needs regarding physical space and staff location in the faculty.

2. To check the kind, extent and value of the information that the field study could provide compared to some laboratory based evaluations of the tool (actual and previous laboratory-based evaluations of the same software). In this regard, it also aimed to determine whether the field study could reveal problems in the application that could hardly be detected in laboratory evaluations.
3. To integrate and demonstrate the usefulness of field studies in the context of agile methodologies. This was aimed to check their usefulness to complement laboratory-based studies.

3.3 Participants

A total of 13 freshmen college students participated in the study. None of them had participated in any previous evaluation related to FindMyPlace, so the application was new to all of them. 85% of them had a mobile phone with the Android platform, and also 85% of them routinely or occasionally used maps on their mobile phones. Three usability experts took part in the study as evaluators.

3.4 Techniques

To perform the FindMyPlace analysis, several usability evaluation techniques were used in order to gather users' efficacy, efficiency, and satisfaction measures. The field study was performed with users while they tested the tool in a real use context. In the experiment, the experts used observational methods and took notes [22]. Thinking aloud [12] and interviews [14] techniques were also used. Besides, user logs were analyzed to gather data about how the participants solved proposed activities .

3.5 Material and Instruments

First, a demographic questionnaire was used to collect some end users features. Then, participants carried out a set of eleven objective-oriented tasks. Every evaluation task was related to a concrete UO that emerged during the application development [16]. These tasks were presented as a series of User Objective Scenarios (UOS henceforth). The UOS concept derives from the Task Scenarios concept [18] when this is applied to UO. An UOS is a hypothetical story designed by the tester to help the end user to evaluate a UO through a given situation.

Three UO were involved in this evaluation:

- UO2-Showing distribution of spaces in the building plan at different levels of detail: The user wants the application to show all the floors of the building and their distributions with zoom possibilities.
- UO8-Showing a location in the building plan: The user wants to indicate a location name (through a checkbox, search, etc.) in order to visualize it conveniently marked on a building plan. This UO is a fusion of other three UO: UO3-Showing a teacher's office in the building plan, UO4-Showing a laboratory in the building plan and UO5-Showing a special location in the building plan.
- UO12-Find out information about the people that work in the Computer Science Faculty. The user wants to indicate a person's name or select it from a people list, to view his/her information.

Table 1 describes the eleven UOS and associates them with the involved UO and their corresponding descriptions. For simplicity, UOS in this table are referred to as 'S' plus a number.

Table 1. User Objectives Scenarios

	UO	UOS Description
S1	2	I want to see the space distribution of all Faculty floors. Besides, I want to see the third floor with different levels of detail.
S2	8	I want to locate office A in the building plan, with enough level of detail (centred on the screen with enough size to be clearly visible)
S3	8	I want to locate laboratory B in the building plan, with enough level of detail (centred on the screen with enough size to be clearly visible)
S4	8	I want to locate the final-year-project room in the building plan, with enough level of detail (centred on the screen with enough size to be clearly visible),
S5	8	I want to locate classroom C in the building plan, with enough level of detail (centred on the screen with enough size to be clearly visible)
S6	12	I want to visualise the staff list and check the information about D
S7	8	I want to physically go to the assembly hall
S8	8	I want to physically go to the secretary's office
S9	8	I want to physically go to classroom E
S10	8, 12	I want to physically go to teacher F's office to tell her a message. When I reach the office, I realize she is not there, so I have to search her email.
S11	8, 12	As I think my next lecture with teacher F is at laboratory G, I go to there, but I find it is closed. Then, I go to her office, but as she is not there I call professor H, who is the other lecturer of the subject

The UOS were divided into two different sets. The first six UOS were designed for users to find information exclusively in the application, so they were designed as simple static scenarios with no need of moving to concrete locations (henceforth, static UOS). On the other hand, the final five UOS required users to discovery location information in the provided building plans, and also to go to the searched places (henceforth, dynamic UOS). These dynamic UOS were, in turn, subdivided. The first three dynamic UOS were simple and equivalent to the previous six ones, except they required users to move physically to the intended locations. The last two dynamic UOS were complex and combined some aspects of some simple UOS to provide more realistic situations.

So, there were similarity relationships between some static and some dynamics scenarios regarding the activities that participants had to carry them out. Concretely, S4 is related to S7 and S8 (searching a special location) and S5 is related to S9 (searching a classroom). Finally S10 is a complex UOS that combines two simple UOS (S2 and S6), and S11 combines three simple UOS (S2, S3 and S6).

The users utilized FindMyPlace, installed on Samsung Galaxy S mobile phones with active WiFi connections, to perform the evaluation. Besides, the application included an embedded module to gather user activity logs.

The evaluators recorded several data related to the tasks performed during the evaluation session on paper sheets. Some of these aspects are: initial and ending time, WiFi connectivity breaks, application crashes, participants' comments, upwards and

downwards stairs used, wrong routes, whether the user thinks he/she has achieved the goal, whether the user has really achieved it, and other remarkable incidences.

In order to measure satisfaction, an online version of the After-Scenario Questionnaire (ASQ) [13] was used.

3.6 Procedure

First and previous to the evaluation session, participants filled in an online demographic questionnaire to check they fitted the user model of the developed application. Then, after the users adequacy was confirmed, the evaluation sessions were conducted. Users were divided into two equally balanced groups that comprised seven and six participants respectively; besides, a within-subjects factorial design was used to cancel out learning effect. The first group started with the static UOS, while the second one started with the dynamic UOS. After finishing the first UOS assignment set (static or dynamic), participants switched to the remaining UOS. For each participant, the order in which to perform the UOS was selected randomly to avoid any bias. In the end, all participants performed the whole eleven UOS.

The evaluators presented every participant an ordered sequence of UOS to perform; then, they used the application in a mobile phone to carry them out with no time limit. During the experience, participants were asked to think aloud to verbalize their sights, thoughts, actions and feelings. At the same time, the evaluators used their paper sheets to annotate relevant aspects.

Finally, participants filled in the satisfaction questionnaire (ASQ), and were interviewed so they could express their opinion about the application. The whole session lasted for approximately 60 minutes per user.

3.7 Results

The usability attributes defined in ISO-9241-11 [8], i.e. effectiveness, efficiency and satisfaction, were evaluated in the field study. The specific measures used to assess each attribute are presented below.

3.7.1 Effectiveness

Three percentage aspects were considered to measure effectiveness: *successfully completed UOS*, *application crashes*, and *WiFi connection breaks*.

To calculate the percentage of *successfully completed UOS* two conditions, from different data sources, were verified. On the one hand, the evaluator sheet was checked to confirm whether both participant and evaluator stated the UOS was correctly completed. On the other hand, the user log was also analysed to check whether the participant accessed all the information required to complete the UOS. When any of these conditions was not fulfilled, the UOS was considered not complete and so was labelled as *unfinished*. Regarding the percentage of successfully completed UOS, the overall UOS completion rate was 95.80%. Five UOS (S1, S6, S7, S8 and S9) obtained a 100% completion rate (all participants completed the UOS), while the other six obtained a 92.30% completion rate (12 participants out of 13 completed these UOS).

Concerning the number of times *the application crashed* during the participants' experience, the application was always appropriately working in static UOS, but problems arose with dynamic UOS. The application crashed while performing 4 out of the 5 dynamic UOS (all except S8). Anyway, the incidence of the error was low, as the application crashed for just 2 out of 13

participants in S7, 3 out of 13 in S9, 2 out of 13 in S10 and 1 out of 13 in S11.

Finally, *WiFi connection breaks* only occurred with dynamic UOS. Concretely, 2 out of 13 participants experienced WiFi problems for S7, while 6 out of 13 participants suffered WiFi problems for UOS from S8 to S11.

3.7.2 Efficiency

Regarding efficiency, six different measures were used. It must be noted that, in this evaluation, efficiency measures were related to both the application usage and participants' indoor movement while performing the UOS. The efficiency results were obtained by means of application logs and were summarised in box plots graphics with 4 values represented (maximum, q3-percentile 75%, q1-percentile 25%, and minimum). Used efficiency measures are shown below.

3.7.2.1 Time spent

Figure 1 shows the time spent by participants (minutes and seconds) to complete the assigned UOS. The information is presented by means of central tendency and dispersion statistics. The difference in mean time between static and dynamic UOS is noteworthy, but this can be justified by the different nature of corresponding UOS, i.e. dynamic ones require participants to move inside the building, while the static ones do not. Regarding data dispersion, dynamic UOS data are wider scattered than the static ones, what indicates very different participants' performances and behaviour implications due to Wifi connections breaks.

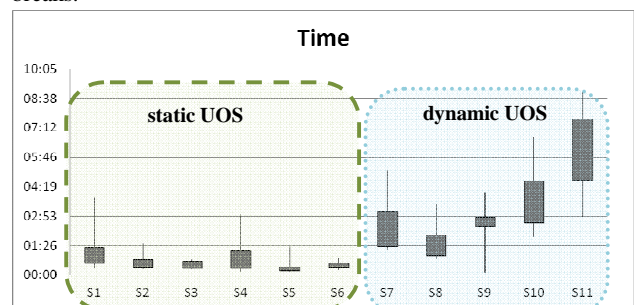


Figure 1. Amount of time spent for each UOS

3.7.2.2 Searches performed

In this context, a search is understood as each letters and/or numbers introduced or deleted in a search box to obtain some desired information.

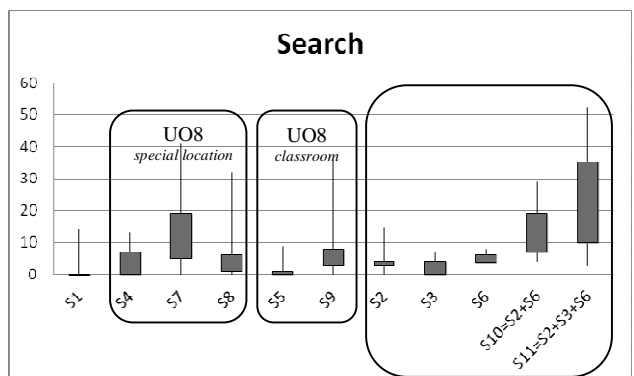
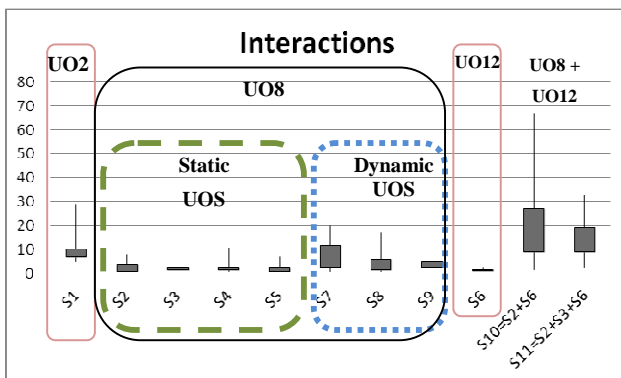


Figure 2. Number of searches performed by participants for each UOS

Figure 2 presents the number of searches performed by the participants for each UO Scenario. The sequence of scenarios in Figure 2 has been rearranged to group similar scenarios to better show the obtained results. The two first grouped scenarios, S4-S7-S8 and S5-S9, requires each one its proper sequences of interactions for their resolution. Besides, the third group includes the dynamic and more complex S10 and S11 that are displayed as a combination of also included simpler UOS S2, S3 and S6 (S10=S2+S6 and S11=S2+S3+S6). S1 is the only UOS that requires no searches. The comparison among similar scenarios shows noticeable differences. In this sense, S4 (static) and S7 (dynamic) and S5 and S9, clearly show different behaviours. Additionally, the number of steps performed in the search process is increased by WiFi connection breaks. While participants are moving and WiFi is lost the application does not able to show a location list when searching, and participants introduce or delete more letters or numbers. Finally, the search number for the dynamic UOS S10 and S11 was bigger than the direct addition of the search numbers of the simple UOS involved.

3.7.2.3 Interactions performed

An interaction is whatever action performed by a user on an interface button or the selection of an element on the screen. In this sense, the keyboard activity while typing information in search processes is not an interaction; likewise, inspecting a building plan by moving, enlarging or reducing it with finger



movements on the screen are not considered interactions either.

Figure 3. Number of interactions performed by the participants for each UOS

Figure 3 displays the number of interactions performed to solve the UOS; and the scenario sequence has been rearranged to group scenarios that evaluate same UO. The differences between the interaction number in static and dynamic UOS are considerable. It is particularly noteworthy that even the static and dynamic UOS that should require similar interactions show remarkable differences. For instance, S4 (static) and S7 or S8 (dynamic) require a minimum of 3 interactions, while gathered results show the interaction number was bigger and more dispersed in S7 and S8 than in S4. The difference is even more noticeable if the interactions of S2+S6 (static) are compared to the ones of S10 (dynamic): the number of interactions performed in S10 is much bigger than the addition of the corresponding S2 and S6 interactions.

3.7.2.4 Touch scrolls

A touch scroll includes whatever different positions of fingers on the screen with the aim of moving and zooming (in or out) building plans. Data for this efficiency measure are gathered by the activity logging module embedded in the application. Touch

scrolls include: (1) placing and moving one finger (it will move the map sideways), (2) placing a second finger and separating or approaching them (zooms in or out the plane), and (3) removing fingers.

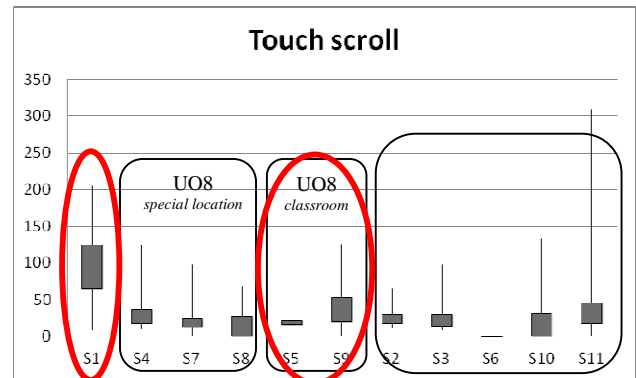


Figure 4. Number of touch scrolls performed by the participants for each UOS

Figure 4 exhibits the number of touch scrolls performed by the participants for each UO Scenario. Like in Figure 2, the UOS are rearranged to put together UOS that require similar performance. There is only one scenario (S1) in which observing the building plans with different detail levels is required, and so, this is the kind of activity that requires participants to touch scroll more times. In all other cases, except S5 and S9, not big differences were observed. Although S9 (dynamic) has a similarity relationship with S5 (static) regarding the kind of activity that users had to perform, differences can be noted between them, as the q1 percentile of S9 is practically equivalent to the q3 percentile of S5. This figure has also rearranged the sequence of UOS to consider their similarity in order to better examine results.

3.7.2.5 Mobile phone orientation changes

A change in the orientation of the mobile phone happens when the screen adjusts to landscape or normal mode depending on the position of the mobile phone. Such orientation changes can happen intentionally or not. User activity logging has allowed gathering data about this efficiency measure.

In this case, the information about orientation changes was not relevant. In fact, it has been confirmed that orientation changes occur more frequently when participants are in motion, which mainly happened in dynamic UOS. However, it is not possible to determine from just user activity logs whether orientation changes happened unwittingly or not. Gathered logs state the orientation changes mean was 0.51 for static UOS, while it rose up to 2.37 for dynamic UOS.

3.7.2.6 Displacements inside the building

Other efficiency measures related to participants' performance while moving through the building were the number of times they went up and down stairs (displacements between different floors of the building) and the number of deviations from the optimal path to reach the destination inside each floor. It should be noted that these measures were gathered only for dynamic UOS, as they were the ones in which participants had to move to reach destinations inside the building.

Regarding upstairs displacements, results show that 100% of the participants in S8, S9 and S10 went upstairs by the optimal available stairs to reach each UOS' final destination. The percentage descended to 85% in S7 and S11, as one participant in

each UOS went upstairs more times than necessary. Downstairs displacement shows similar results, as 100% was achieved in S8, S9 and S10, while 90% and 88% were obtained in S7 and S11 respectively.

Concerning displacements inside each floor, the amount of people that wandered without managing to find the correct route to their destination at the first opportunity was a 15%, 7%, 7%, 7% and 15% for S7, S8, S9, S10 and S11 respectively.

3.7.3 Satisfaction

In order to obtain a global satisfaction score, the mean of the three items of the online ASQ questionnaire [13] were calculated. These items are related to the easiness, time spent, and supporting information (online help, messages, documentation) used to complete the UOS.

The questionnaire used a 7-point Likert scale, ranging from 1 (strongly disagree) to 7 (strongly agree). The means for the three ASQ items were 6.69, 6.23 and 5.38 (out of 7) respectively. Therefore, the easiness to complete UOS was the most valued aspect, while the support information provided by the application was the item participants ranked lower.

4. DISCUSSION

The FindMyPlace application, whose field evaluation has been presented in this paper, was previously evaluated by means of usability evaluation techniques conducted incrementally in laboratory environments [16]. These laboratory evaluations were suitably integrated in the agile development process, but the application still needed to be tested in its real use context. Finally, this field study has made possible to figure out the usability level of the application in terms of its effectiveness, efficiency and satisfaction.

The *effectiveness* results have been particularly encouraging, because they indicate that previous usability evaluations guided the application development in the right direction. Thus, while effectiveness reached for UO8 was 94.44% in the past [16], the overall scenarios for UO8 completion rate has been 95.60% in this evaluation. Besides, as the previous usability evaluations were performed over first prototypes, the application was far to reach the current development refinement. Furthermore, one specific aspect must be mentioned. Two participants thought they had completed a scenario, but the evaluator noted that it was not the case. That happened once for a participant in S11, and four times for another participant in UOS from S2 to S5. In the second case, the after-evaluation interview allowed to identify the reason: he did not understand that he “*had to zoom in the building plans*”, because he assumed the default display of the plans had enough level of detail. Therefore, although these UOS were labelled as unfinished, it was determined that the cause was a participant misconception regarding the UOS, and not an error of the application design. Thus, the effectiveness results would have risen to 98.60% regarding UOS completion without considering this aspect.

Another effectiveness related remarkable issue is that application occasionally crashed due to WiFi connectivity breaks. Using a 3G connection in the field study would have solved most or all of connection breaks and, as a consequence, the related application crashes. The evaluators decided to perform evaluations just using WiFi connections, as the user model indicated students mainly used WiFi instead of 3G connections. The evaluators checked all the proper 3G coverage for all the building provided by two major mobile Internet connection vendors.

The main problem regarding WiFi connection breaks was found in the UOS involving people information search (UO12), and not in the ones related to building plans (UO2 and UO8). Previous usability evaluations identified the need of labelling the plans and colouring its different locations depending on their type (classrooms, laboratories, teachers’ offices, seminar rooms, etc.). Having this information in the mobile application allowed to locate spaces in the building plans with no Internet connection. That is to say, the functionalities to visualize all building plans in UO2 make it possible to meet the needs of locating a space in the building plans. Although the space location needs are more quickly met by the functionalities designed in UO8, in the cases of WiFi breaks this problem was partially solved. On the other hand, as the information about the faculty staff is only available in the server (due to security concerns), WiFi breaks affected users’ performance in those dynamic UOS in which people information access was required (S6, S10 and S11).

The occasional WiFi connection breaks while performing dynamic UOS has allowed uncovering an error that otherwise would have been impossible to detect. When the application is showing some information of a person and WiFi connectivity breaks, the application shows a screen in which it substitutes the person’s data by two constant wrong texts, “Medium Text” and “TextView”. Figure 5 shows both the correct screen (left side) and the erroneous screen shown when WiFi connection is lost (right side). Generally, the participants were able to overcome the problem simply by moving to an area with WiFi coverage. Changing the phone orientation also proved to be helpful for the application to recover automatically. Finding this problem was only possible by performing the field study with dynamic UOS, as defining a proper evaluation protocol for simulating it in a laboratory setting would have been complicated.

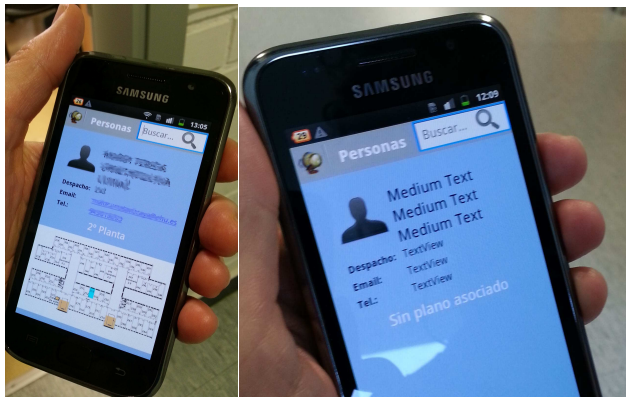


Figure 5. Person information screen (left image) and the same screen when WiFi connection is lost (right image)

Regarding the six efficiency measures collected, we have covered a wide range of circumstances (see section 3). The possibility of gathering information related to orientation change by logging user activity seemed to be promising. However, the lack of a proper way to determine which orientation changes occurred voluntarily (participants changed mobile phone screen on purpose) and which not (the orientation changed automatically while the participant was moving without noticing) undermines the feedback this measure could provide. Determining voluntariness is not possible just from user logs but it also requires completing this information with the evaluators’ comments and observations registered during the field study.

The displacements by non-optimal routes performed by participants are directly related to the lack of proper labelling at the faculty. For instance, in S7 participants had to locate a space that required opening a door that was in the path to destination. Figure 6 shows the building plan with the first door (Figure 6, right side) and the door corresponding to the desired locations (Figure 6, left side). Both doors were marked with arrows on the building plans (Figure 6, centre). In some cases, this first door was opened but it was closed in others; or the location door was not properly labelled (Figure 6, left side). Therefore, some participants found that, although they were convinced they had achieved the door that would lead them to the destination, they were not able to confirm it. All these problems derived in more time spent in S7, more interactions performed on the application and more search activities processed, compared with its equivalent S4 static UOS. Therefore, one of the outcomes of this field study is that contextual elements of the physical location have influenced participants' performance.

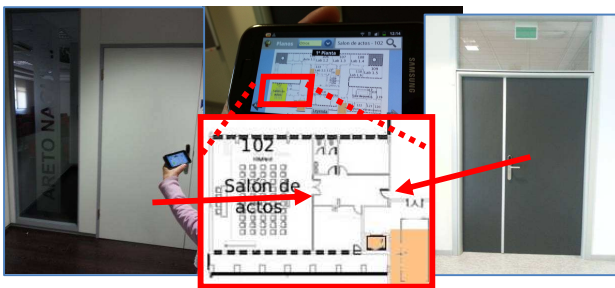


Figure 6. Solving S7: destination door (left), previous door (right) and 1st floor building plan (centre)

User logs allow detecting the number of interactions and time spent to really reach a user desire (UO). That is especially important in applications when those aspects are critical. In the field study we have shown how during search and physical location, the time and number of interactions have increased significantly in comparison with equivalent static UOS. Increasing the spent time is foreseeable, as dynamic UOS require physical displacement between different floors of the building. However, the gathered usage information indicates the usage pattern varies for similar activities; that is, participants use the application in different ways for activities that would require the same use of the application. For instance, S5 and S9 show remarkably different behaviours in terms of Touch Scroll (means: S5=17.85, S9=48.15), performed searches (means: S5=1.62, S9=7.23) and interactions (means: S5=2.08, S9=3.85).

Numerical results obtained from the ASQ satisfaction questionnaire surpassed previous results obtained from CSUQ questionnaire [13] in a laboratory setting. After normalizing the latter results, ASQ items obtained a score of 8.5 points out of 10, while CSUQ questionnaires obtained a score of 8.09 out of 10. Although the results of both questionnaires are not directly comparable, as both questionnaires are different and were performed on different versions of the application, we found users' satisfaction has increased slightly. ASQ was used in the field study instead of the previously used CSUQ because it allows a quicker gathering of users' satisfaction information. Besides, as in the field study participants had to move and would be more tired than in a laboratory evaluation, it was decided that making them fulfil a shorter questionnaire was more appropriate.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this paper we have presented the results of a field study performed in a mobile context dependant application developed using agile methodologies. A total of eleven User Objective Scenarios (UOS) were designed and thirteen end users participated in the evaluation session. The UOS designed were divided into two sets, for static UOS and dynamic UOS. These scenarios have allowed us performing comparative studies within the field study and also with previous evaluations. The usability evaluation techniques used were identical in all scenarios. The relevant aspects of user satisfaction were captured during the evaluation session by means of users' comments and by an after questionnaire interview. Generally speaking, simplicity, use easiness and quick response of the application have been positively valued aspects.

Thanks to field study we have detected:

1. Participants use the application in a different way for activities that would require the same kind of use. The usage information gathered from performing static and dynamic UOS clearly indicates the usage pattern varies for similar activities.
2. The contextual parameters have influenced the participants' performance. These parameters are: displacement paths inside the building, spatial points where the WiFi connection is lost, doors closed or without appropriate labelling, and not updated building plans labelling.
3. The field study has allowed uncovering errors that otherwise would have been more difficult or impossible to detect in laboratory settings.
4. Some specific features of mobile devices, such as the shift of mobile orientation can be better controlled in lab, as the physical movement of the user has an impact on the number of reversals. The voluntary changes from the user can be easily collected in laboratory.

We have to remark that usability evaluations have been integrated satisfactorily with agile methodologies in a consistent manner; as well as, the field study fits the incremental needs of the agile developments. Lessons learned by performing the current field study have implications regarding its integration in agile software development methodologies:

1. A field study should be performed just when the application state has reached an adequate progress in order to design realistic scenarios according to the final use.
2. Designed scenarios must include user activities that allow discovering contextual parameters that affect the application use. In this regard, designing dynamic and complex scenarios is a good premise.
3. Field studies must be conducted at different times with different participants. This way, it is more likely to discover contextual parameters related to unexpected contextual changes.
4. Unnecessary slowdowns in the application development should be avoided. First, experts' evaluations and laboratory experiments should be considered because they faster allow detecting many usability problems. Then, field studies should group different evaluations at the same time to benefit from the effort required.

The work here described is still in progress. The statistical analysis of the obtained data is intended to be helpful to estimate

the optimal number of users required for field studies in the development process iterations. On the other hand, the user activity log analysis performed in this study will help refining log filtering processes. In fact, some aspects such as the loss of connectivity and application crashes have already been detected from log information. In addition, the inclusion of other advanced efficiency measures, such as the looseness, is being studied. Besides, the use of mobile usability questionnaires in the frame of agile development iterations is being considered. Limitations of currently available mobile questionnaires regarding touchscreens and contextual factors related issues are aspects that need further research. Finally, there is a work in progress in which the same agile methodology is being applied to develop a web version of proposed application. In this work, it is foreseen to extend the system to different buildings in the university by integrating their building plans. The integration is expected to be fast, as the core of the system infrastructure is basically the same. Additionally, as many UO are reused, the authors believe that a comparison with the mobile application will provide interesting new data regarding UO reusability among different projects.

6. REFERENCES

- [1] Agile Alliance:: Home: <http://www.agilealliance.org/>. Accessed: 2014-04-14.
- [2] Ambler, S.W. 2004. *The object primer: agile modeling-driven development with UML 2.0*. Cambridge University Press.
- [3] Anderson, D.J. 2004. *Agile management for software engineering: applying the theory of constraints for business results*. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- [4] Dey, A.K., Abowd, G.D. and Salber, D. 2001. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-aware Applications. *Hum.-Comput. Interact.* 16, 2 (Dec. 2001), 97–166.
- [5] Dix, A. 2003. *Human-computer interaction*. Pearson/Prentice-Hall.
- [6] Highsmith, J.A. 2002. *Agile Software Development Ecosystems*. Addison-Wesley Professional.
- [7] Hussain, Z., Slany, W. and Holzinger, A. 2009. Current State of Agile User-Centered Design: A Survey. *HCI and Usability for e-Inclusion*. A. Holzinger and K. Miesenberger, eds. Springer Berlin Heidelberg. 416–427.
- [8] ISO 9241-11:1998 - Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883. Accessed: 2014-04-15.
- [9] Kaikkonen, A., Kallio, T., Kankainen, A. and Cankar, M. 2005. Usability testing of mobile applications: A comparison between laboratory and field testing. *Journal of Usability Studies*.
- [10] Kjeldskov, J., Skov, M.B., Als, B.S. and Høegh, R.T. 2004. Is It Worth the Hassle? Exploring the Added Value of Evaluating the Usability of Context-Aware Mobile Systems in the Field. *Mobile Human-Computer Interaction - MobileHCI 2004*. S. Brewster and M. Dunlop, eds. Springer Berlin Heidelberg. 61–73.
- [11] Larman, C. 2004. *Agile and iterative development: a manager's guide*. Addison-Wesley.
- [12] Lewis, C. *Using the "thinking Aloud" Method in Cognitive Interface Design*. IBM T.J. Watson Research Center.
- [13] Lewis, J.R. 1995. IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *Int. J. Hum.-Comput. Interact.* 7, 1 (Jan. 1995), 57–78.
- [14] Lindgaard, G. 1994. *Usability Testing and System Evaluation: A Guide for Designing Useful Computing Systems*. Nelson Thornes.
- [15] Losada, B., Urretavizcaya, M., Fernández-Castro, I. A guide to agile development of interactive software with a "User Objectives"-driven methodology". *Science of Computer Programming*, 78(11) (November 2013), 2268-2281.
- [16] Losada, B., Urretavizcaya, M., López-Gil, J.M., Fernández-Castro, I. Applying Usability Engineering in InterMod Agile Development Methodology. A Case Study in a Mobile Application. *Journal of Universal Computer Science*, 19(8) (2013), 1046-1065
- [17] Manifesto for Agile Software Development: <http://www.agilemanifesto.org/>. Accessed: 2014-03-18.
- [18] Mayhew, D.J. 1999. *The usability engineering lifecycle: a practitioner's handbook for user interface design*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [19] Memmel, T., Gundelsweiler, F. and Reiterer, H. 2007. Agile Human-centered Software Engineering. *Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HCI...But Not As We Know It - Volume 1* (Swinton, UK, UK, 2007), 167–175.
- [20] Nielsen, C. 1998. *Testing in the Field*.
- [21] Nielsen, C.M., Overgaard, M., Pedersen, M.B., Stage, J. and Stenild, S. 2006. It's worth the hassle!: the added value of evaluating the usability of mobile systems in the field. (2006), 272–280.
- [22] Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S. and Carey, T. 1994. *Human Computer Interaction*. Addison Wesley.
- [23] Rogers, Y., Connelly, K., Tedesco, L., Hazlewood, W., Kurtz, A., Hall, R.E., Hursey, J. and Toscos, T. 2007. Why It's Worth the Hassle: The Value of In-situ Studies when Designing Ubicomp. *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Computing* (Berlin, Heidelberg, 2007), 336–353.
- [24] Tamminen, S., Oulasvirta, A., Toiskallio, K. and Kankainen, A. 2004. Understanding Mobile Contexts. *Personal Ubiquitous Comput.* 8, 2 (May 2004), 135–143.
- [25] Tullis, T. and Albert, W. 2013. *Measuring the user experience collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Morgan Kauffmann/Elsevier.
- [26] Xu Sun and Andrew May 2013. A Comparison of Field-Based and Lab-Based Experiments to Evaluate User Experience of Personalised Mobile Devices. *Advances in Human-Computer Interaction*.
- [27] Zhang, D. and Adipat, B. 2005. Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 18, 3 (2005), 293–308.

How to classify to experts in usability evaluation

Federico Botella

Center of Operations Research
University Institute

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

federico@umh.es

Eloy Alarcon

Statistics, Mathematics and
Informatics Department

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

ealarcon@umh.es

Antonio Peñalver

Center of Operations Research
University Institute

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

a.penalver@umh.es

ABSTRACT

Usability inspections are a set of methods for evaluating one interactive system by experts. They try to find possible usability problems and determining the level of usability of the system without involving real users. One of these methods is heuristic evaluation, where several experts inspect one system or its interface for searching usability issues. Some authors maintain that evaluation by experts in usability discovers more usability issues than evaluation conducted by non-experts. But the question is how to determine the degree of expertise of an evaluator.

In this paper we will propose a classification of evaluators based on the university degree obtained or the number of hours of practice gathered in this field. One user could be classified as expert depending on his/her professional career and not only by university degrees. This is why it is important to collect other attributes of each user like domains, skills or projects to determine their expertise. We finally present how to validate these attributes by other users of the proposed repository.

Categories and Subject Descriptors

H. 5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User interfaces - Evaluation /methodology

General Terms

Measurement, Human Factors.

Keywords

Usability evaluation, usability expert, become expert.

1. Introduction

The concept of usability has been broadly studied in the field of human computer interaction. One of the first authors who defined the concept of usability was Shackel [17]. In 1981 he defined usability as the ability of one system to be used easily and effectively by certain users to accomplish concrete tasks in a concrete environmental scenario. This definition has been widely used later and several authors have also improved it.

Nielsen considered usability as a feature that has influence in the product acceptance [14]. He defined usability based on five attributes: learnability (the system is easy to learn), efficiency (the system is efficient to use), memorability (the system is easy to

remember), low error rate (the system permits user to make few errors during the use) and satisfaction (the system is pleasurable to use).

The standards organization ISO introduced in Part 11 of the international standard ISO 9241 (Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals) [12] some guidelines on usability, introducing requirements and recommendations to be used during design and evaluation of a system. Recently the ISO/IEC 25010:2011 defines usability as one of the eight characteristics of a system/software product quality [13], which is subdivided into the following subcharacteristics: appropriateness recognisability, learnability, operability, user error, user interface aesthetics and accessibility.

Several authors have contributed to improve the concept of usability reformulating their methods both product design and software development: Schaffer wrote a complete guide to making usability a routine within an enterprise, be it commercial or government [16]. Constantine & Lockwood proposed several models and methods focused on software development, keeping usability as key factor inside the UCD methodology [2]. Beyer & Holtzblatt defined a new approach to UCD but focused on business client [1].

Many universities offer degrees, masters and doctoral programs about HCI for a long time, whereas many companies are hiring professionals on usability for many years. We can find professional associations in the field of HCI worldwide, like the Professional Association of the Usability (UXPA) [21] or the Spanish Association of Interacción Persona-Ordenador (AIPO) [20] that are promoting the usability in the fields of business environments and education, whether through the publication of a digital magazine dedicated to promote and enhance the practice, research and education of user experience design and evaluation, or through teaching materials and a digital book about HCI.

We can say that usability is established in our society but we are not sure when you can assert that one professional can be considered an expert in the field of usability. Can we consider that one person with a master or undergraduate degree in the field of HCI is an expert in usability evaluation? What abilities and skills are needed to become an expert in usability evaluation? In this work we will try to define these skills and we will propose a classification of experts in usability evaluation so that one novice user can know the way to reach the expert level.

The rest of the article is organized as follows: Section 2 presents related works about the concept of expert from other fields; Section 3 collects the characteristics an expert should have in usability evaluation according to our understanding; Section 4 presents our proposal of classification of experts in usability

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference'10, month 1-2, 2010, City, State, country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ... \$15.00.

evaluation. Section 5 concludes the paper and describes the future work.

2. BACKGROUND. RELATED WORK

Merriam Webster dictionary defines expert as “a person who has special skill or knowledge relating to a particular subject” while Wikipedia defines “an expert as someone widely recognized as a reliable source of technique or skill whose faculty for judging or deciding rightly, justly, or wisely is accorded authority and status by their peers or the public in a specific well-distinguished domain”.

But how one person can get that skill or knowledge? Simon and Gilmarin proposed a learning model for chess players called MAPP (Memory-aided Pattern Perceiver), which simulates the behavior of ClassA chess players (good amateurs) in the recall task by first recognizing chunks on the board through a discrimination net [19]. According to Simon and Gilmarin, 50,000 chunks are required to reach the level of expertise.

In the absence or difficulty to find a criterion to identify an expert, Shanteau and Weiss proposed the method CWS (Cochran-Weiss - Shanteau) which provides a high degree of predictive accuracy in the identification of expert performance [18]. CWS has been successful in a variety of contexts, including research of experts in auditing or high and low-fidelity simulations of air traffic control.

“How do I get a user experience career?” is the key question for the study of Farrell and Nielsen about how to become a UX pro and how to hire one [6]. They surveyed more than one thousand respondents, 90% of them had obtained a university degree. They divided their respondents between people in the beginning of their career (6 or fewer years in a UX-related job) and more experienced staff (7+ years as a UX pro). The majority of UX professionals hold degrees from an immense range of other disciplines, from history to chemistry, most of which don't have a direct bearing on UX work. The most common educational level was a master's degree (52%) while only 6% of respondents were PhDs. Most of the remaining respondents with university diplomas held bachelor's degrees and 1% had associate's degrees.

Ericsson wrote many works about the acquisition of expert performance. In [5] he presented how the principles of deliberate practice established in other domains, such as chess, music, typing, and sports can provide insight into developing expert performance in medicine. In this work we can see how traditional concept of professional expertise based on length of experience, reputation, and perceived mastery of knowledge and skill, only has a weak relationship between these indicators of expertise and actual, observed performance. He demonstrated that expert performance could be traced to active engagement in deliberate practice, where training (often designed and arranged by their teachers and coaches) is focused on improving particular tasks.

We can find in many studies the “rule of 10 years or the 10,000 hours of deliberate practice” that refers to the time required of intensive training and independent study to achieve a level of expert performance. Gladwell defined this rule, based on the studies of Ericsson, as one of the keys to success in many fields as sports, science or fine arts [7]. Through several real-life study cases he showed that innate talent is not is not enough to become an expert and that we can find a correlation between the degree of expert in any discipline and the hours of effort and dedication to that discipline. For example, what Bill Gates, the Beatles and Mozart had in common? Along with talent and ambition, each

enjoyed an unusual opportunity to intensively cultivate a skill that allowed them to rise above their peers.

3. DEFINING EXPERTS

What should be the main skills or knowledge necessary to become an expert in usability evaluation? In [9] Gulliksen et al. revealed the relations between the individual usability professional and her background and experiences, the organization in which she operates, the development process and the attitudes and basic values held by the people involved. They concluded that usability professionals must design, i.e. build solutions of interaction design in terms of concepts, structures, content and navigation; must be involved in the system development projects and must be on a strategic level within the organization.

Usability professionals or experts should have a common academic background, and we consider they should acquire the following abilities:

- A deep knowledge in the field of HCI, including human factors and their skills from a psychological and social point of view, user interface design, evaluation and user centered design (following the university curricula proposed by the CS Curricula ACM 2013 [3]).
- Knowledge of the Software Engineering and the system development life cycle process in large-scale projects. And of course, they should be able to communicate and collaborate with other team members.
- Knowledge and skills in the use of methods, techniques and analysis of interviews, surveys and observations with users. They should be skillful in designing test plans and writing good reports.
- They should have capacities in a wide range of disciplines, such as business, computing, design or psychology.
- Knowledge and practice in the field of design, both user interfaces and visual design guides.

In this paper we propose a new classification of experts in usability evaluation. We consider that one person who wants to become expert in usability evaluation should hold at least a master's degree, although not necessarily directly related to computer science, information technologies or human-computer interaction. Or s/he should have built up expertise by means of hours of practice in the field of usability evaluation.

In Figure 1 we can see how we can define the different levels one person could reach to become an expert in usability evaluation. The two main parameters to define each level are hours of deliberate practice and university degree reached by the candidate, which are described as follows:

- **Hours of deliberate practice:** defined as specific work in the field of specialization with the aim of improving the knowledge and practice already acquired. One expert spends a huge amount of hours to improve his/her practice and performance. Deliberate practice is based on:
 - Motivation and discipline to perform one task. Sometimes it is not funny to spend many hours of deliberate practice. Psychological and physical efforts are needed to achieve of targets in a medium-long term for improving the performance of the candidate.

- Tasks design should be performed taking into account pre-existing knowledge. In this manner tasks can be understood properly after a brief period of instruction.
 - Feedback about tasks performed in terms of performance and effort should be provided. Effective learning is difficult to reach without adequate information about performance during practice.
 - The same or similar tasks should be performed repeatedly. These occurrences will last for 5 days a week and an average of 6 hours per day.
- **University Degrees:** There is a wide range of university degrees we can give consideration to define the level of expert in usability: from bachelor's degree to master's degree or even doctorate degree. But also many training courses in HCI/UX should be taken into account at the first stages of persons involved with usability evaluation. Today we can find many courses on HCI in the web, some of them free like the course of Alan Dix [10] or the mooc at Coursera of Scott Klemmer [11], but also we can find several portals where one we can find many degrees or certifications in HCI like the website of Human Factors International [8], where you can find a vast list of programs in HCI both degrees and certification programs, or the website of the Online User eXperience Institute, founded by D.J. Mayhew, where you can find a wide list of free and paying courses [15].

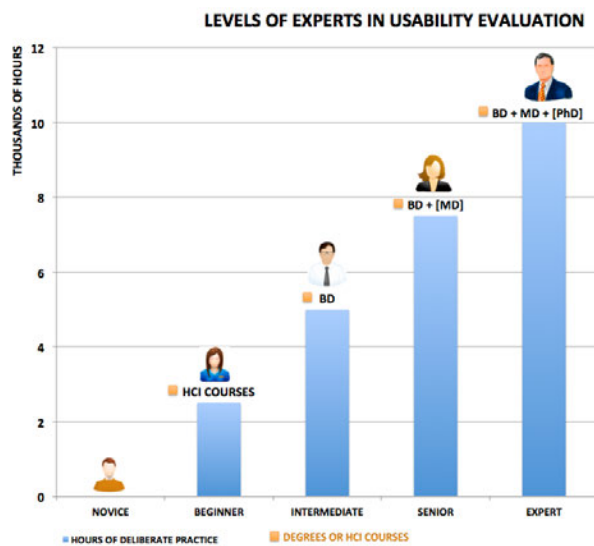


Figure 1. Levels of experts in usability evaluation.

We can define the following levels of expert in usability evaluation at our proposed classification based on the concept of expert of Ericson assuming the “rule of 10 years or the 10,000 hours of deliberate practice”:

- **Novice:** person without a university degree but with at least one training course on HCI and few hours of practice in usability evaluation.
- **Beginner:** professionals without university degree but with several training courses in HCI or with less than 2,500 hours of practice in usability evaluation.

- **Intermediate:** professionals with a bachelor's degree or less than 5,000 hours of practice in usability evaluation.
- **Senior:** professionals with master's degree or less than 7,500 hours of practice in usability evaluation.
- **Expert:** professionals with master's degree, and optionally a doctorate, and with more than 10,000 hours of professional practice deliberate (10 years) in the field of usability evaluation.

4. USING EXPERTS IN USABILITY EVALUATION

In this classification of experts in usability evaluation we have defined the steps one person should cover to reach the level of expert as evaluator in the field of usability. On the one hand, we have defined one route following the path of university degrees. As you reach a higher degree (bachelor, master or doctorate) it is clear that many hours of practice have been gained and the candidate could be classified at a higher level in our schema. When you reach the doctoral degree it seems clear that the doctorate could be considered as expert in usability evaluation, undoubtedly if his/her work was related with this subject. But other degrees or doctorates could be considered for classifying one candidate as expert even if the topic of the thesis it was not directly related to HCI/UX, but it was related with near fields as human factors or psychology.

On the other hand, the road to the level of expert could be reached from the professional career and one person could reach that level by means of training courses and hours of deliberate practice. There are many professionals, without a university degree, who have become experts in a specific field accumulating hours of practice and expertise in their fields. So this double-way must be taken in account to define this schema.

But we can ask: “Why we need to classify experts in usability evaluation?” One of the primary targets for this classification will be the need to have one repository of evaluators with different levels of expertise. We are working towards a framework where we can quantify the selection of one heuristic or sub-heuristics in a heuristic evaluation by the level of expertise of the evaluator. If we know the level of each evaluator we will be able to compare different usability evaluations of the same interactive system and we could offer to novices a set of the best heuristics or sub-heuristics to conduct his/her next usability evaluation in a concrete context.

We can see in Figure 2 the proposed repository for classifying experts in usability evaluation. In this repository we will introduce the basic data of the candidate regarding to university degree and hours of practice. But we need other aspects like the working domains, skills or reports/projects where the user has acquired certain level of expertise.

When you want to evaluate a concrete interactive system in a concrete complex domain not all evaluators will be able to accomplish this task successfully. The expertise of each evaluator in concrete domains could be a key factor to select one or other evaluator to conduct a usability evaluation with a similar completeness to one evaluation performed by one usability expert.

For those professionals who are starting in the field of usability evaluation (like undergraduate students or master students) could be useful to collect the different skills the user is gathering during his/her training career (both at university or at industry environment). The users could be able to declare his/her skills

when s/he registers in the repository, but also s/he will be able to place a badge for validating each one of the skills of others users. In this manner, each candidate could be reinforced by the accreditation of other users on their skills.

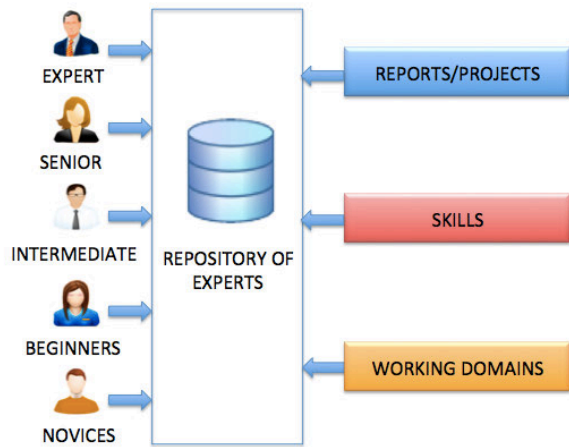


Figure 2. Repository of experts and their attributes

Moreover each user will be able to introduce in the repository all the projects as well as all the technical reports (or usability reports) where s/he has participated. Thus we capture valuable information to facilitate the path to those users who want to reach the level of expert along to the professional career.

5. CONCLUSION

The definition of expert in one field is a difficult task depending on the area of specialization. The rule of 10 years or the 10,000 hours of deliberate practice has been accepted by many authors in different domains and can be used also to define experts in usability/ux.

In this paper we propose a new classification of experts in usability evaluation based on both the professional career of the candidate and the university degree. Not always its necessary to obtain a degree for entering the profession in some countries. We have also introduced a repository where collect all the information about the experts and candidates as well as the basic attributes for helping novices to climb up to the level of expert.

This classification will be the foundation of the new framework we are developing for aiding novice evaluators in their first heuristics evaluations, since they can consult the better sub-heuristics un different domains used by senior or expert evaluators previously.

6. REFERENCES

- [1] Beyer, H., Holtzblatt, K., 1998. *Contextual Design-Defining Customer-Centered Systems*. Morgan Kaufmann, San Francisco.
- [2] Constantine, L. L., Lockwood, L. A. 1999. *Software for Use-A Practical Guide to the models and methods of Usage-Centered Design*. Addison-Wesley Professional.
- [3] Computer Science Curricula 2013 <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>
- [4] Dreyfus, H. & Dreyfus, S. 2005. Peripheral vision expertise in real world contexts. *Organization studies*, 26, 5, 779-792.
- [5] Ericsson, K. A. 2008. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Academic Emergency Medicine : Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 15,11, 988-94.
- [6] Farrel, S., Nielsen, J. 2013. Users experience Careers, How to Become a UX Pro, and How to hire one, Nielsen Norman Group <http://www.nngroup.com/reports/user-experience-careers/>.
- [7] Gladwell, M. 2008. *Outliers: The Story of Success*. Little, Brown and Company. New York.
- [8] Graduate Degrees in Software Ergonomics at Human Factors International <https://www.humanfactors.com/downloads/degrees.asp>
- [9] Gulliksen, J., Boivie, I. and Göransson, B. 2006. Usability professionals-current practices and future development. *Interacting with Computers*. 18, 4 (July 2006), 568-600. DOI=10.1016/j.intcom.2005.10.005
- [10] Human Computer Interaction Beta. <http://hcicourse.com>
- [11] Human-Computer Interaction Stanford Online. <http://online.stanford.edu/course/hci>
- [12] ISO 9241-11. 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 11: Guidance on Usability. ISO
- [13] ISO/IEC 25010:2011. 2011. System and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models
- [14] Nielsen, J. 1993. What is usability? In: *What is Usability Engineering*. Cambridge MA: Academic Press.
- [15] Online User eXperience Institute. <http://www.ouxinstitute.com/Curriculum/CourseList/index.php>
- [16] Schaffer, E. 2004. *Institutionalization of usability: a step-by-step guide*. Addison-Wesley Professional.
- [17] Shackel, B., 1981. The concept of usability. *Proceedings of IBM software and information usability symposium*, Poughkeepsie, NY, 15-18 September, 1-30
- [18] Shanteau, J., Weiss, D. J., Thomas, R. P., & Pounds, J. C. 2002. Performance-based assessment of expertise: How to decide if someone is an expert or not. *European Journal of Operational Research*, 136, 2, 253-263.
- [19] Simon, H. A., & Gilmarin, K. 1973. A simulation of memory for chess positions. *Cognitive psychology*, 5, 1, 29-46.
- [20] Spanish Association Interacción-Persona Ordenador. <http://www.aipo.es>
- [21] User Experience Professionals Association. <https://uxpa.org>

A Usability Study Case of a Vision-Based Gesture Interface

Pere Ponsa, Carlos Urbina
Automatic Control Department
Universitat Politècnica Catalunya,
Av. Víctor Balaguer, 1
08800, Vilanova i la Geltrú Spain
(+34) 938967231
{pedro.ponsa,
carlos.urbina}@upc.edu

Cristina Manresa-Yee
Computer Graphics, Computer
Vision and AI Group
University of Balearic Islands,
Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122,
Palma, Spain
(+34) 971259721
cristina.manresa@uib.es

Ramon Vilanova
Engineering Systems and
Telecommunications Department
School of Engineering
Universitat Autònoma Barcelona
08193, Bellaterra, Spain
(+34) 935812197
ramon.vilanova@uab.cat

ABSTRACT

Gestural interaction uses human gestures to interact with an interactive system. Many efforts have been done to define gestures and facilitate a comfortable and natural way to interact. In this paper an experimental session in laboratory conditions is presented aiming at analyzing the usability factors of a vision-based gestural interface. Based on the results, recommendations are given to modify the configuration of some parameters between the human, the Kinect sensor, Kinect Mouse and the virtual visit of a museum with the final aim to improve the overall interaction.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces – *Interaction styles, evaluation/methodology, user-centered design*

General Terms

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Vision-based interfaces, usability, gestures, evaluation

1. INTRODUCTION

There is interesting research in the topic of gesture user interface and the use of the Kinect sensor. For instance, Pino et al. proof the performance evaluation using Kinect for 2D and 3D pointing tasks [1]. This work is based on the ISO 9241-9 standard methodology (Fitts law, Multi dimensional tapping task) and show that the Throughput for 3D tasks using Kinect is better than the use of mouse. In this paper the user experience is related for seven participants (measure of movement time), nevertheless usability is not measured. Parra researcher had developed a comparison study between non-conventional input devices (for instance Kinect sensor) in virtual environments [2]. This work is based in ISO 9241-9 standard methodology again. In addition to Fitts Law and Throughput, this author adds qualitative information of physical fatigue of hand and finger from the

questionnaire of overall usability ISO 9241-9 (Annex C).

Bailly et al. show a new perspective on hand gestures and wearable applications [3]. This work is based on the ISO 9241-9 standard methodology (Fitts Law, Multi dimensional tapping task). To measure physical demand, these authors used the Annex C of the ISO 9241-9. A user/usability study is presented taking into account that mental demand is measured with the NASA TLX questionnaire and social acceptability is measured using questionnaire. Schwaller et al. measuring the effect of selection strategies on free-hand pointing performance and effort [4]. This work is based in ISO 9241-9 standard methodology. In addition to Fitts Law, Multi directional tapping test and Throughput, these authors add an usability study with twelve participants obtaining statistical information of overall performance from the ISO 9241-0 Annex C questionnaire. On a previous work, Manresa-Yee et al. compiled usability factors and metrics for vision-based interfaces and classified them using the three attributes included in the ISO 9241-11, the international standard on Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: "Guidance on usability": efficiency, effectiveness and satisfaction [5], [6].

The structure of the paper is as follows. The second section explains materials and methods and includes details of the experimental session in laboratory conditions. The fourth section describes the results taking into account usability factors considered when evaluating vision-based gesture recognition and the metrics used to measure those factors. Furthermore, these factors are classified using the ISO 9241-11 attributes: efficiency, effectiveness and satisfaction. The final section summarizes the key findings and concludes the paper.

2. MATERIALS AND METHODS

The interactive system and the experimental session created in this paper are presented in the next subsections.

2.1 Interactive system

The system is composed by the Kinect sensor, the Kinect Mouse and a wall screen application (virtual visit of the Catalonia Railway Museum) [7]. The virtual visit is composed by a set of five wagons, each wagon has four windows. Each window's wagon is a new screen. The user can navigate into screens and understand the indoor and outdoor parts of the Museum. Each screen has additional information, for instance, historic details about Spanish trains, the relationship between other similar European Museums and how the Railway evolution has influenced the changes in our society.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN' 2014 Conference, Sep 10–12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM ISBN 978-1-4503-2880-7 \$15.00.

The Kinect sensor for PC used in this interactive system is composed by the sensor and the Kinect for Windows SDK 1.8 and the related tool Microsoft Visual Studio Express 2012 [8]. The Kinect Mouse Cursor by CodePlex is a demo application that uses the Kinect for Windows SDK and its skeletal tracking features enables users to use their hands to control the Windows mouse cursor [9]. The user could use the two arms as mouse functions. Rising and lowering the left arm is the left click mouse. Moving to the right or to the left the right arm moves to the right or to the left the pointer on the screen. The screen is projected on the wall. In the Railway virtual visit: the user can move the point of view and can choose a wagon train to explore it. Each wagon is a button and the user which offers access to another screen.

2.2 Experimental session

The experimental session to evaluate the system was performed in a laboratory at the beginning of this year. The users were a set of 9 international students (four males, five females), aged between 21 and 24 years old.

2.2.1 Procedure

A development team member is the facilitator, who conducts the evaluation session with each user. At the beginning of the session, the facilitator explains the use of the system and places the user correctly, that is, three meters in front of the Kinect sensor. Then, the facilitator demonstrates how to use the system and allows the user to train for a moment with the system. Next the facilitator explains the instruction which comprises two main tasks:

Task 1 (estimated time: 120 seconds):

- Press the Green light and select the train wagon number 5.
- Please choose one window wagon. You can move around this new screen.
- Press again the Green button and select wagon number 1.
- Please choose second window wagon. You can move around this new screen.

Task 2 (estimated time: 120 seconds): Please, feel free to move inside the entire virtual visit.

At the end of the session, the facilitator concludes the experimental session and the user answers the System Usability Scale (SUS) questionnaire [10] a ten-item attitude Likert scale which gives a global view of the user's subjective assessments of usability and the ISO 9241-9 questionnaire related to operation, fatigue, comfort and overall usability [11].

3. RESULTS

A brief definition of efficiency, effectiveness and satisfaction:

- **Effectiveness** refers to task performance; how accurately and completely did the user achieve the goals?
- **Efficiency** is the amount of effort that is required to achieve the level of effectiveness when achieving the goals. Efficiency is the relationship between effectiveness level and resource consumption.
- **Satisfaction** refers to how comfortable the user feels while using the system.

3.1 Effectiveness

Effectiveness in vision based interfaces evaluation is assessed mostly by measuring the accuracy and the error rate of the interfaces, which are quantitative measurements.

3.1.1 Accuracy and Error rate

Accuracy is the correctness in recognizing the gestures performed by the user. This factor is related with the robustness and precision of the computer vision techniques. This factor is frequently tested and is an indicator of the gesture uniqueness [12], that is, if a gesture is similar to another one, the system can misinterpret it and trigger a wrong action.

Errors are related with the accuracy and we can distinguish two kinds of errors:

- Misinterpreted gestures within the set of possible gestures, which would be related with the uniqueness.
- Gestures that are not understood, which could be related with the robustness of the computer vision techniques.

A gesture that is not recognized requires repetition, but a gesture which is misrecognized needs to be corrected. In this case, both parameters could be evaluated individually.

A metric frequently used to evaluate accuracy is to control the number of correct recognized gestures regarding the total number of performed gestures [13]. In this paper, a new metric is presented. In this case this metric is not related with the robustness of the computer vision techniques and is related with the point of view of the facilitator when is watching the user doing an action. During the experimental sessions we took photos and record a short video of the user's session. Using Kinect Mouse there are gestures to recognize: right arm moving to the left or to the right allows the user to move the pointer on the screen along the same horizontal axis, and raising and lowering the left arm allow us to develop the click mouse (left button). The combination of two gestures (for instance left arm up and move the right arm to the right) allows the user to move the panoramic view along the right direction. The accuracy for the correct gestures was measured using eq. 1.

$$a = \frac{n_{gestures}}{n_{total}} \quad (\text{Eq.1})$$

Where $n_{gestures}$ is the number of gestures recognized by Kinect Mouse: four. And n_{total} is the total number of gestures developed by the user. We're not calculating the frequency: number of times that the user is doing a gesture. For instance for users three and seven the accuracy is one: these users don't do incorrect gestures. For users eight and nine, the accuracy is 0,57: these users besides doing the correct gestures they do three bad gestures that Kinect Mouse don't recognize and the virtual visit is waiting a correct gesture again.

Task effectiveness is related with the success rate. In this context, task effectiveness is high (equal 1) if task 1 and task 2 are correct, there aren't gestures to avoid ($a=1$) and the user doesn't need help

Task effectiveness is medium when one task is wrong, some gestures must avoid ($a<1$) and user needs help.

Task effectiveness is low when the two tasks are incorrect, some gestures must be avoided ($a<1$) and user needs help (poor understanding of the instruction, poor arm movement related to the Kinect Mouse actions).

Table 1. Task Effectiveness, Where a correct task is ok, an incorrect task is x, a<1 means that some gestures must be avoided, help means that the user needs the help of the facilitator during the experimental session and Effe is task effectiveness

User	T1	T2	a<1	Help	Effe
U1	x	ok	Yes (0,67)	No	Medium
U2	ok	ok	Yes (0,80)	Yes	Medium
U3	ok	ok	No (1)	No	High
U4	x	x	Yes (0,67)	Yes	Low
U5	x	ok	Yes (0,67)	No	Medium
U6	ok	ok	Yes (0,67)	No	Medium
U7	ok	ok	No (1)	No	High
U8	x	ok	Yes (0,57)	Yes	Low
U9	x	ok	Yes (0,57)	Yes	Low

3.2 Efficiency

When assessing **efficiency**, different measurements are used such as the user's physical and mental effort, duration of the gesture or memorability/learnability.

3.2.1 Physical fatigue

When interacting with body movements, fatigue or tiredness can appear, especially if the gesture is physically demanding. Gestural commands must be concise, fast and avoid gestures that require a high precision over a long period of time in order to minimize effort [14].

Fatigue is a difficult attribute to measure because is user-dependent. The metrics that have been used are usually questionnaires using Likert-scales. The annex C included in ISO 9241-9 which recommends a comfort questionnaire that comprises thirteen 5-point interval Likert scale questions about the levels of comfort and effort that are involved in the system's operation such as finger, wrist, arm, shoulder or neck fatigue. In the experimental task presented in this paper there is no evidence about physical effort in fingers, wrist or neck, however, the arm fatigue is clear in some users: for five out of nine users the arm fatigue is high or very high.

The Fig 1 shows the user2 in action. The effectiveness is medium because tasks are carried out successfully and the user doesn't need help. However, the efficiency due to the fatigue factor is low: the input command gesture must be redesigned because the arm is not in a comfortable position. The user2 could perform the test in a more relaxing arm position. Talking with the user at the end of the session, she explained that the left arm and shoulder fatigue is too high. The Kinect Mouse can be configured to be adapted to left or right handed users, for this reason it's necessary to ask this question to the user in the preliminary steps of the experimental session



Figure. 1. User2, Wrong gesture of right arm. The left arm is located in a fatigued position.

Other way to measure efficiency is taking into account the duration time of the task. In the experimental session explained in this paper, the duration time is fixed: the facilitators give four minutes (total time) to develop two tasks (two minutes per task).

Regarding the cognitive load, that is, the mental effort required to develop this experimental task is low (only one user out of nine users thinks that the mental effort is high) taking into account the answers from the comfort questionnaire in ISO 9241-9. For this reason in this work the NASA –TLX methodology is not applied.

From the point of view of Learnability, or time to learn, the system is easy to learn. The instruction is easy to understand and the use of the two arms (as click mouse and pointer movement) is clear. Most users could control the system with a correct level of performance. Only three users (user4, user8, user9) had more problems to execute correct gestures and control the system: however, they could stop the gesture, listen to the facilitator and begin again without difficulty.

In this experimental task it's not necessary a big effort in Memorability. There are only four gestures to memorize. There is a main screen, the user listen to the facilitator and he can move through the application (the application has two deep levels and the navigation between screens is easy).

3.3 Satisfaction

Most of the factors classified under the **satisfaction** attribute are evaluated by using user questionnaires to capture the subjective users' feelings towards the interface. In this work, comfort, ease of use and system usability scale are measured. Comfort is defined as a pleasant feeling of being relaxed and free from pain. For four out of nine users the system is uncomfortable. An further analysis is necessary to define a comfort zone taking into account the user comfort arm angles.

Ease of use, easy-to-use or easiness, means that the user needs little effort to operate with the system. Based on the ISO 9241-9 and the answers given to the question if the input device is easy to user, six out of nine users find the system easy to use.

Other way to obtain the perception of comfort, ease of use and satisfaction is the use of the System Usability Scale (score from 0 to 100). At the end of the experimental session the average SUS score is 60,5 and average standard deviation is 11,4.

4. CONCLUSIONS

In this work a usability study case of a vision based gesture interface is presented to navigate in a virtual visit of a Railway

museum. Analyzing these previous results, we could review the materials and methods section: change environment parameters (physical distance to Kinect sensor), change parameters and constants in Kinect Mouse, with the purpose to improve comfort aspects when users perform the tasks. In relation with the subsection 2.1 Interactive system: there are no lighting sources above the Kinect sensor (no other source of light except for the wall screen brightness). The height of users ranged from 1.60 meters to 1.93 and the Kinect sensor works properly when the distance between the sensor and the user is 290 +/- 10 centimeters far. At this distance the user is correctly detected and can perform the task. The floor distance of the Kinect sensor is 100 centimeters. The wall distance to the Kinect sensor is 122 centimeters. At the beginning of the session, the facilitators should ask the user if he is left or right handed to configure the Kinect Mouse. In future museum scenarios, is mandatory to develop an automatic algorithm that configures this feature (left or right handed).

At the end of the experimental session explained in the 2.2 subsection, we have a set of recommendations. Kinect Mouse has a set of constants and parameters that could be modified to achieve a more natural interaction. For instance, ClickThreshold has been reduced by 28% his initial value in the experimental session. The user can perform the mouse click making less left arm angular displacement (the maximum angle of the arm is now 130 in relation to the maximum initial angle of 180). It can also be applied a scaling factor on the window that captures the human skeleton, SkeletonMaxX and SkeletonMaxY so the x axis can be reduced 40% of its initial value, and the y axis can be reduced by 20 %: the user could arrive to the all corners of the virtual visit application with less effort.

The ISO-9241-9 questionnaire gives us additional information related to smoothness and accuracy of the input device.

Regarding smoothness, the questionnaire answer indicates that the smoothness is rough (three out of nine users) and very rough (one out of nine users). To change this perception the smoothing parameter has changed (a 69% reduction of the initial value). This smoothness reduction does not affect latency (the user could develop the experimental session without a noticeable delay between arm movement and effective action on the screen) [15].

Regarding the input device accuracy, the questionnaire answer shows that the accuracy pointing was difficult (four out of nine users) or very difficult (two out of nine users). With the aim to improve this factor, we had decided increase the pointer size (mouse properties). The user could reach a target with less effort and less duration time.

With the laboratory study finished, future work will be to improve the set of metrics used taking into account the standard ISO/IEC 25010 [16] with the purpose to create a quality in use model and analyze this vision-based gesture interface in the Catalonia Railway Museum and with real visitors. In this field study it is necessary to design new virtual applications and take into account other important aspects such as the users' emotional interaction.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by *Ajudes grup competitiu* UGIVIA 28/2011 granted by the Govern de les Illes Balears, and TIN12-35427 granted by the Gobierno de España.

REFERENCES

- [1] Pino, A. , Tzemis, E., Ioannou, N. and Kouroupetroglou G. 2013. Using Kinect for 2D and 3D pointing tasks: performance evaluation. In *M. Kurosu (Ed.): Human-Computer Interaction, Part IV, HCII 2013, LNCS 8007*, 358–367.
- [2] Parra, M.A. 2012. Comparación de dispositivos de entrada no convencionales en entornos virtuales. Universidad . Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.
- [3] Bailly, G., Müller, J., Rohs, M., Wigdor, D. and Kratz, S. ShoeSense: A New Perspective on Hand Gestures and Wearable Applications. In *Proceedings of CHI'12*, May 5–10, 2012, Austin, Texas, USA.
- [4] Schwaller, M. and Lalanne. D. 2013. Pointing in the air: Measuring the effect of hand selection strategies on performance and effort. In *Proceedings of International Conference on Human Factors in Computing & Informatics, SouthCHI, Maribor, Slovenia*.
- [5] Manresa-Yee, C., Amengual, E and Ponsa, P. 2013. Usability of visión based interfaces. In *Proceedings of CEDI 2013, Interaccion 2013 International Conference, Madrid*.
- [6] ISO. 1998. ISO 9241-11:1998 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts) – part 11: guidance on usability*.
- [7] Grande, A. 2014. A museum showing off 160 years of railway history. Catalonia Railway Museum. URL: <http://www.museudelferrocarril.es/en/english-version>, last visited 4 th April 2014.
- [8] Microsoft. Kinect for Windows. Developer center. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindowsdev/Downloads.aspx>
- [9] CodePlex. KinectMouse. <http://kinectmouse.codeplex.com/>
- [10] Brooke, J. 1996. SUS: a "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [11] ISO. 1998. ISO 9241-9:2000 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts) – part 9: Requirements for non-keyboard input devices*.
- [12] Barclay, K., Wei, D., Lutteroth, C. and Sheehan, R. 2011. A quantitative quality model for gesture based user interfaces. In *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference*, 31-39
- [13] Waldherr, S., Romero, R. and Thrun, S. 2000. A gesture-based interface for human–robot interaction. *Autonomous Robots* 9
- [14] Baudel T. and Beaudouin-Lafon, M. 1993. Charade: remote control of objects using free-hand gestures. *Commun. ACM* 36, 7, 28-35.
- [15] ISO 2011. Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models ISO/IEC 25010:2011. At URL: , last visited 27 th May 2014
- [16] Azimi, M. 2014. Skeletal Joint Smoothing White Paper. Microsoft Developer Network. At URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131429.aspx> last visited, 11 th April 2014

A Case Study on Cross-Platform Development Frameworks for Mobile Applications and UX

Esteban Angulo

DLSIIS - ETSI Informáticos
Universidad Politécnica de Madrid
Campus de Montegancedo s/n
E-28660 - Boadilla del Monte (Madrid)
esteban.angulo@gmail.com

Xavier Ferre

DLSIIS - ETSI Informáticos
Universidad Politécnica de Madrid
Campus de Montegancedo s/n
E-28660 - Boadilla del Monte (Madrid)
xavier.ferre@upm.es

ABSTRACT

Cross-platform development frameworks for mobile applications promise important advantages in cost cuttings and easy maintenance, posing as a very good option for organizations interested in the design of mobile applications for several platforms. Given that platform conventions are especially important for the User eXperience (UX) of mobile applications, the usage of a framework where the same code defines the behavior of the app in different platforms could have a negative impact in the UX. This paper describes a study where two independent teams have designed two different versions of a mobile application, one using a framework that generates Android and iOS versions automatically, and another team using native tools. The alternative versions for each platform have been evaluated with 37 users with a combination of a laboratory usability test and a longitudinal study. The results show that differences are minimal in the Android platform, but in iOS, even if a reasonably good UX can be obtained with the usage of this framework by an UX-conscious design team, a higher level of UX can be obtained directly developing with a native tool.

Categories and Subject Descriptors

D.2.6 [Software Engineering]: Integrated environments.

H.5.2 [Information Interfaces & Presentation]: User-centered design.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Mobile user experience, cross-platform development, interaction design, mobile applications.

1. INTRODUCTION

In recent years, the growth and usage of smartphones and mobile devices has changed the communication habits of the population and the development of mobile applications is supporting their daily life activities. There are over a million apps (for mobile applications) available to download in the Apple's App Store for iOS devices alone [2], so competition is fierce to get users' interest and loyalty in the app market. In this scenario, UX is the

key differentiator [13].

The market offers a great variation of mobile devices and platforms, and the challenge for development teams is being able to create mobile applications that can be used and run seamlessly on different devices and platforms. In order to cover all these potential markets, specific versions of the application need to be developed for each target platform.

Cross-platform development frameworks offer a way of saving resources in the aim of covering different platforms. Madaudo et al. highlight that these tools provide developers the flexibility to create an app than runs across several mobile platforms based on the ideal principle of "write-once-run-everywhere" [15]. According to Humayoun et al., plenty of frameworks for mobile cross-platform development have been released in the last few years to deliver overall cost-effective and better solutions [12]. The advantages of these tools for software development organizations include the potential to: reuse developer skills; share codebases; synchronize releases; and reduce support costs.

As stated in the IDC market forecast, Android and iOS together cover the 92.2% of the 2013 smartphone market share [14]. Therefore, for an organization choosing to develop only for two platforms, Android and iOS would be the best choice in order to aim for the biggest user base. We have chosen these two platforms for this study.

Each mobile platform has its own style for how the interaction between the user and the application happens, defined in its specific UI (User Interface) design guidelines [10] [3], and through informal platform conventions. Thus, the user experience for Android and iOS devices is different [9]. App designers need to take into account the particular flavor or interaction for iOS or Android in order to design the app consistent with standard/typical interaction strategies in each platform. This is emphasized by design recommendations for app designers to follow platform consistency [7], valid also for any kind of handheld devices expressed as "*conform to platform conventions*" [11]. When an app is designed following platform standards and usual interaction strategies, users will be able to build on their previous app usage experience, therefore improving their learning curve and their overall satisfaction.

Given this state of affairs, what happens when using a cross-platform development framework with the differences in terms of interaction design between platforms? From a UX point of view, we would expect that these frameworks would take this into account, but to which extent? Our hypothesis is that a design team opting for the usage of a framework will obtain an impoverished UX in the final product, even if they have an appropriate HCI background and there is a focus on UX in the interaction design efforts. The objective of this work is to explore this hypothesis

and surrounding questions, by studying how the usage of a cross-platform development framework affects the UX in terms of consistency with platform-specific standards and conventions.

The rest of this paper is structured as follows: next section explores UX considerations for cross-platform development and the usage of cross-platform development frameworks. Section 3 is dedicated to the selection of one of these frameworks. Section 4 describes the methodological approach for the study carried out, and section 5 details the results. These results are discussed in section 6, and, finally, conclusions are gathered in section 7.

2. CROSS-PLATFORM DEVELOPMENT, UX AND DEVELOPMENT FRAMEWORKS

According to David [8], the mobile user experience is totally different from the one in traditional desktop applications, due to the differences in screen size, portrait/landscape and input devices, among others. This is also true when considering the design of a mobile app to be developed for multiple platforms, since UIs must look and behave like other apps in the same platform [11]. While for desktop applications the issue of respecting platform conventions in cross-platform development is of lesser importance, in mobile app development it is a key aspect.

Having a look to how Facebook, Twitter and WhatsApp, companies with millions of users for their apps, have taken into account the interaction design of their Android vs. iOS 2013 versions, we see three different strategies [5]: Facebook has chosen to develop the same interaction design over the two platforms, disregarding some platform conventions; WhatsApp has chosen to elaborate a different design for each platform, highly compliant with platform standards; and Twitter has taken a middle road considering an adapted cross-platform design, where the two versions share the same basic design and a compromise has been made by considering only common characteristics in both platforms, while maintaining a high consistency with platform conventions.

In the first approach (cross-platform same design) using a cross-platform development framework delivers very good results in terms of savings of development resources, since it automatically delivers the same UI for both platforms; nevertheless, there is a high risk of providing a UX that will depart from user expectations.

In the second approach (different design for each platform), the UX is maximized, but the development effort is directed to the development of separated native versions. In this case, opting for a cross-platform framework would require a lot of tweaking in order to cater for all the differences between platforms, reducing the advantages that these tools provide.

In the case of opting for an adapted cross-platform design, the ideal from a UI designer point of view would be that cross-platform development tools took care of the main differences in platform conventions and standards, to require only minimal tweaking to obtain a high level UX.

The decision to use a cross-platform development framework or developing native code directly is not an easy one. Madaudo et al. [15] compare both approaches, stating that native apps provide better UX, by means of more fluid and responsive UIs, because cross-platform frameworks may not offer access to the full device APIs (Application Programming Interfaces). Their work is just a position paper based on the experience of the authors, without experimental validation.

Humayoun et al. [12] evaluate three cross-platform frameworks with the development of three apps where the interaction is based in touch events (including gestures) and they access the device hardware (such as the accelerometer or the camera). Not all three apps were developed with the three frameworks. From an interaction point of view, the three apps are quite basic in terms of navigation, since they just have one or two screens, despite being navigation one of the main differences in interaction style between platforms. The authors also performed a user evaluation study in a controlled environment with 9 users, of which 3 were Android expert users, and 3 were iOS expert users. Test participants were asked to evaluate app response time and to grade their satisfaction in a 1-5 scale; and the results show a higher user preference for the native versions, but in two of the three scenarios with little difference. The results of this work are interesting as a first approximation to the problem at hand, but they are difficult to extrapolate to more complex applications, because the case studies considered are very basic applications, and the number of participants in the study who are platform experts is reduced (just 6).

3. FRAMEWORK SELECTION

Our starting point for studying the possible limitations of cross-platform development frameworks in terms of UX of the developed apps was to select the best one from a mobile UX point of view.

At the beginning we found 19 options of cross-platform framework. We have discarded frameworks for specialized domains, like gaming, and we have considered the following available cross-platform development frameworks, organized according to Banerjee's classification of cross-platform frameworks [4]:

- Mobile Web (combination of HTML5, JavaScript and CSS): jQuery Mobile, Sencha Touch.
- App Generator (specific language to code but the deployment is done as native applications of the different platforms): Titanium Appcelerator, RhoMobile, Xamarin-Mono, MoSync.
- Hybrid App (platform-specific shell application that renders prepackaged HTML pages extending them through APIs to access non-HTML features): PhoneGap, Intel XDK.

We studied the information available for each framework, considering the following criteria:

- To offer support for Android and iOS native app development, to be able to compete with directly-developed native apps.
- To be based in a well-known programming language, to ease adoption by developers.
- Free availability.
- To include its own IDE (Integrated Development Environment) or to be compatible with widespread IDEs, to ease development.
- To offer access to device APIs, to be able to offer the same level of functionality than native code.
- To have a high use rate among developers.

After analyzing the characteristics and properties of the eight candidates, only the following three tools complied with all the requirements: Titanium Appcelerator, PhoneGap and Intel XDK. These three tools were evaluated with a case study, consisting on an app to show the bus timetable for a campus, in order to base

the evaluation in hands-on experience with each framework. The test app interaction design included several screens, so that to be able to evaluate how each framework deals with navigation issues. While developing the test app with each one of the three frameworks, we evaluated both the tool advantages for the developer and how well it produced an interaction design in concordance with Android and iOS conventions.

The three tools offered a good perspective of usage for developers, excelling Titanium Appcelerator and Phonegap in this respect. Titanium Appcelerator (referred as Titanium in the rest of the paper) was finally chosen because it adapts the UI for the generated apps to some differences between Android and iOS UI guidelines. Titanium offers this differentiated behavior in the code generated for each platform automatically. For example, the tab bar: On iOS the tab bar always appears at the bottom edge of the screen [3]; alternatively, tabs on Android are placed on a Top Bar, just below the Action Bar in the top part of the screen [10]. We consider Titanium the best choice between freely available cross-platform development frameworks for the development of mobile apps, in the case where attaining a good UX is a relevant project objective.

All the details of the framework selection study are in [1].

4. EVALUATION METHODOLOGY

The study designed for evaluating the impact of using a framework into the UX was based in having two design teams working independently: one team designing the Titanium version, and the other one working on the two native versions. One graduate student developed the Titanium version, and three undergraduate students developed the native Android and iOS versions. Members of the two teams had followed a course on HCI (Human-Computer Interaction), usability and UX in their respective degrees, and each team had a responsible of the usability of the developed apps who had excelled in the grading of the HCI course.

The design efforts of both teams are based on a common user and task analysis, part of the UCD (User-Centered Design) process followed. Usability testing with 14 representative users was carried out with a first prototype for each one of the three versions, and the apps were redesigned according to the test results. This UCD approach, along with the HCI expertise in both teams, ensures that the app versions used for this study had a good usability level.

4.1 Prototype description

The application used as a case study is a real app under development. It is meant for students to access to university information that is needed on the fly, including professors' contact data, information about subjects, and bus timetables. In the above mentioned usability test carried out with the first prototype of the app, we obtained that the app was already useful at such stage, given the feedback provided through satisfaction questionnaires.

The second prototype (the one used for this research study) has more than 15 different screens in every one of the three versions (Titanium, native Android, and native iOS). The information displayed is obtained via web services offered by university servers, and it includes accessing device location services, thus consisting on a full-scale app.

The app includes a bulleting board for news and events in the school; information about transport in Campus, a directory of personnel, and information about degrees and courses.

Regarding performance, the Titanium versions generated for Android and iOS worked smoothly on both platforms, with similar performance to the native versions in terms of response times. In the usage of Titanium, however, it was necessary to make some adaptations for certain behaviors to be adapted to both platforms. That is, platform-specific code was included to use certain properties and events that were not present in both platforms.

Table 1 and Table 2 show the screenshots of the home screen for the two different versions of each prototype (iOS and Android), where it can be appreciated that design differs between versions, as for example in the location of the directory of personnel: as part of the toolbar in the Titanium version, and as an additional icon in the native versions.

Table 1. Screenshots of the two iOS prototype versions


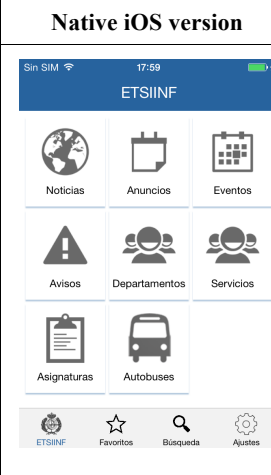
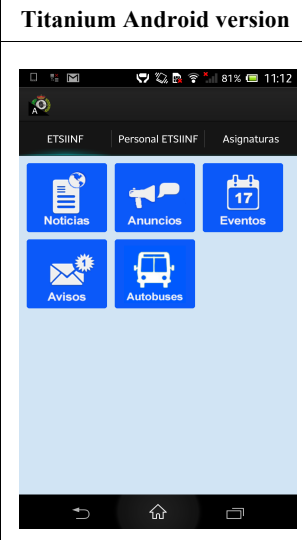

Titanium iOS version	Native iOS version
	

Table 2. Screenshots of the two Android prototype versions

Titanium Android version	Native Android version
	

4.2 Study design

A call for participants was made between students of the School of Computer Science at UPM. From the 68 respondents 38 were selected because they were experienced users of either iOS or Android devices (they had more than 6 months experience), and they had not participated in the usability tests of the first prototype

(so they had not previous knowledge of the logic of the applications). Of these 38, one of them did not finish with all the required participation, so the study was completed with 37 participants: 14 expert iOS users and 23 expert Android users. Participants did not know that they were participating in a study to compare an app developed with cross-platform framework with a native one, they only knew they were participating in a usability study to test two different versions of an app for the university. Participants were given a small present (a tee-shirt or a cap) to motivate them in the realization of the study.

The study consisted in the combination of 2 different usability evaluations for each version of the prototype:

- **Laboratory study:** To evaluate users' first impression when they have not interacted with the prototype before. In this usability test, participants were asked to perform five specific tasks that covered all the functionalities in the app. After each laboratory test, participants were asked to evaluate the prototype.
- **Longitudinal study:** Participants had five days to use the app freely under real circumstances. After finishing each 5-day period, users were asked to evaluate their satisfaction with the version of the app they had been using. Longitudinal studies are especially important in the testing of mobile applications, since the different contexts where mobile devices are typically used are difficult to reproduce in a controlled environment.

To avoid adaptation times, the participants used their own smartphones where the app was installed. Half of the participants in each subgroup (Android vs. iOS users) tested first the Titanium version and then the native one, and the other half just the contrary, to compensate the effect of the order of evaluation of each version. Each participant did a laboratory test with the first version assigned, then he/she was asked to use it freely for five days, then a second laboratory test was carried out with the other version of the app, and there was an additional period of five days to use freely this other version of the app. At the end of the study, when they had used both versions, they were asked to fill in a final comparison questionnaire.

The questionnaires used for gathering participants' impressions about each version are the System Usability Scale (SUS) [6] [17]; a customized and reduced version of the User Experience Questionnaire (UEQ) [16], to focus on the only aspects that were applicable to the app context of use; and an ad-hoc questionnaire where participants were asked to compare the version of the app tested with the look and behavior of a typical app in their platform (Figures 1 to 8 in the results section are the answers to this ad-hoc questionnaire).

5. RESULTS

The study was conducted in the two first weeks of April 2014. From the 37 participants, 86.5% were male and 13.5% were female, with an age average of 23 years old. The majority of the participants were undergraduate students (81%) and the rest were Master students (19%). 62% of the participants were Android users and 38% were iOS users. These values are representative to the reality of our university [5] and also to worldwide tendency of mobile platform usage [14].

5.1 Laboratory Study (First Impression)

5.1.1 Performance Measurement

Based on the global times obtained by the participants we could observe that there were not significant differences between

Android and iOS prototypes. Comparing Titanium and native versions there were some differences (see Table 3): two tasks were faster done in the Titanium versions and three in the native versions comparing participants that used each version in the first laboratory test, so we can conclude that in the first time each version was used (with no previous usage of the alternative version), results are comparable. In the usage of each version as the second one used, native versions obtain slightly better results, and global results are better than in the first laboratory test, as expected.

Table 3. Global average times for laboratory tests in seconds

Task	Titanium version		Native version	
	Lab. Test 1	Lab. Test 2	Lab. Test 1	Lab. Test 2
Task 1	25.11	20.15	32.69	22.22
Task 2	20.22	14.94	17.4	9.95
Task 3	38.61	28.84	36.31	18
Task 4	24.94	14.05	28.52	14
Task 5	42.22	38.26	37.31	34.66

5.1.2 UX Measurement via Questionnaires

Titanium version: The majority of participants identify this version as behaving like a native app, in general terms. 91% of the Android participants and 79% of the iOS participants agree or totally agree with the fact that in general, the application looks and behaves as typical iOS or Android apps. Figures 1 and 2 illustrate the results obtained in the ad-hoc questionnaire for iOS and for Android, respectively.

When asked about specific issues, the generic approval rates lower in iOS, in particular about the controls and their position on screen, and also about the way of presenting information, since 71% of the iOS participants believe that this version looks as any other application on their platforms with respect to these two concerns.

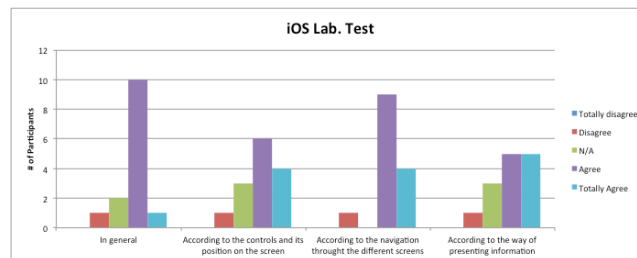


Figure 1. iOS Lab. Test Titanium version.

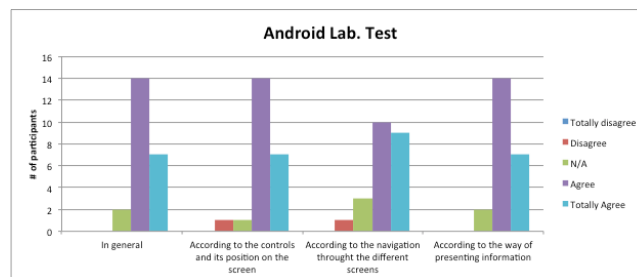


Figure 2. Android Lab. Test Titanium version.

It is noteworthy that for all the iOS participants (100%) who tested this prototype first, they agree or totally agree that the application looks and behaves as a normal iOS app. However, when the participants used this prototype after using the native one first, only 57% of the participants agree or totally agree with the statement of typical look and behavior in general lines. On the other hand, on Android the difference between the 1st and the 2nd test is about 2% – 3 %, which is not relevant.

The satisfaction of the users was measured using the System Usability Scale (SUS), on which this prototype obtained an overall value of 82.7. This value represents that usability of the prototype in general is very good. The evaluated dimensions for the UEQ are shown in Table 4.

Table 4. UEQ Global Results for Titanium versions

Dimensions	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Attractiveness	1.59	Good	10% of results better, 75% of results worse
Perspicuity	2.176	Excellent	In the range of the 10% best results
Efficiency	1.432	Good	10% of results better, 75% of results worse
Dependability	1.486	Good	10% of results better, 75% of results worse
Novelty	0.311	Below average	50% of results better, 25% of results worse

The results show that the Titanium version is clear and easy to understand; meanwhile its attractiveness, dependability and efficiency are good. Moreover, the novelty dimension has the worst results, being below average.

Native version: Based on the results, 100% of the iOS participants and 91.30% of the Android participants agree or totally agree that on general terms the application looks and behaves as a typical iOS or Android app. Figures 3 and 4 show the results obtained with the native version for iOS and for Android, respectively.

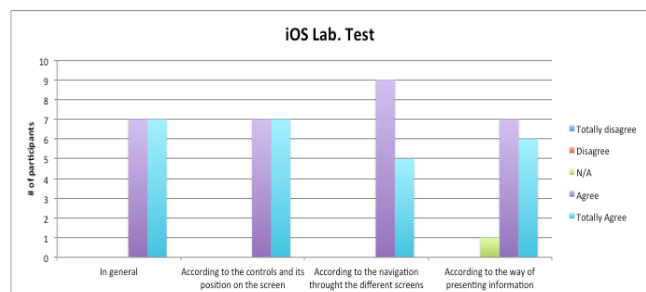


Figure 3. iOS Lab. Test Native version.

The results show a very small difference between the 1st and 2nd laboratory tests.

The evaluation of user satisfaction performed with the System Usability Scale (SUS) overall resulted on a coefficient of 86.82 which means that the prototype has a very high degree of usability, in the top 10% of scores.

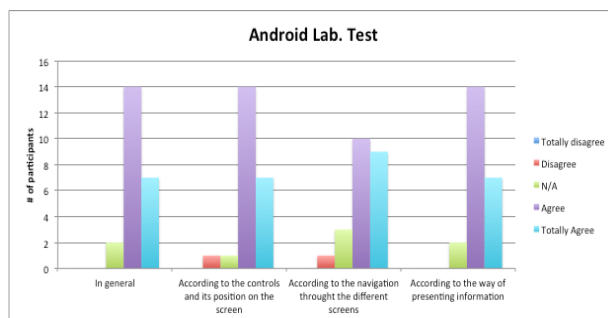


Figure 4. Android Lab. Test Native version.

Table 5 contains the summary of the results of the UEQ questionnaire and the dimensions measured for the native prototype. The results show that the native prototype of the application succeeds in all UX categories considered except in Novelty, where users' score places it as just above average.

Table 5. UEQ Global Results for Native versions

Dimensions	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Attractiveness	2.234	Excellent	In the range of the 10% best results
Perspicuity	2.351	Excellent	In the range of the 10% best results
Efficiency	1.797	Excellent	In the range of the 10% best results
Dependability	1.743	Excellent	In the range of the 10% best results
Novelty	0.824	Above average	25% of results better, 25% of results worse

5.2 Longitudinal Study

The participants completed the longitudinal study surveys after having the application on their own smartphones and testing it on their own for 5 days. The same process was followed with both the Titanium and the native versions.

Titanium version: The perception of 71% of the participants in the iOS group, after testing and exploring the app on their own for 5 days, is that it looks and behaves in general lines as a typical iOS app; meanwhile, 91% of the Android participants agree or totally agree with the same statement for their platform. Figures 5 and 6 show the results for the iOS and Android versions of the Titanium prototypes after the 5 days testing period.

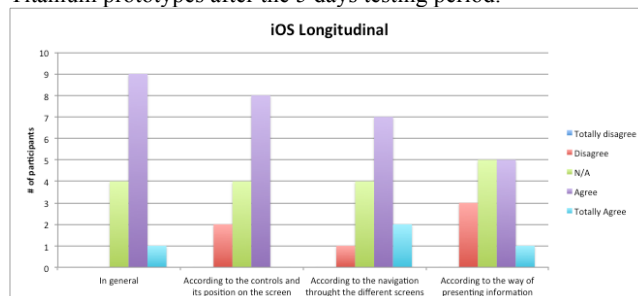


Figure 5. iOS Longitudinal Test Titanium version.

The results on both platforms show that there is a significant variation between the values obtained on the first impression (laboratory) test and after 5 days. The results are much lower on iOS when participants are asked about how controls and their

position on screen are the typical ones for an iOS app (57% agree), and about the way of presenting information (43% agree).

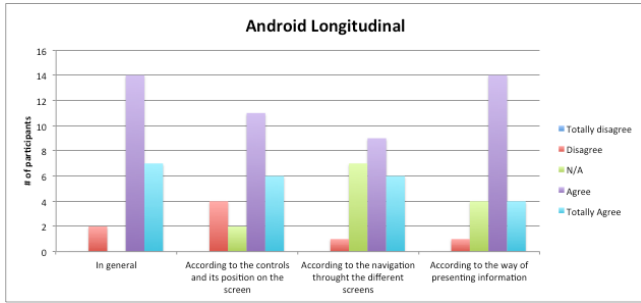


Figure 6. Android Longitudinal Test Titanium version.

For the Android prototype, 91% of participants agree or totally agree that the prototype behaves as a typical Android application. Meanwhile, the percentages of participants who agree or totally agree that this prototype's controls are they typical in an Android app is 74%; about the navigation, the result is 65% and according to the way of presenting information is 78%. As it happens with the iOS version, the values are reduced on 20% to 30% compared to the values obtained in the first impression (laboratory) test.

The evaluation of user satisfaction performed with the System Usability Scale (SUS) overall resulted on a coefficient of 82.70, the same result obtained in the laboratory test.

In this case, there is not a big difference between the results from participants who tested this version as the first one or as the second one.

Table 6 shows the summary of the results of the UEQ questionnaire and the dimensions measured after five days of use.

Table 6. UEQ Global Results of Titanium version after five days of use

Dimensions	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Attractiveness	1.450	Above average	25% of results better, 50% of results worse
Perspicuity	2.081	Excellent	In the range of the 10% best results
Efficiency	1.243	Above average	25% of results better, 50% of results worse
Dependability	1.486	Good	10% of results better, 75% of results worse
Novelty	0.162	Bad	In the range of the 25% worst results

The results obtained show that most of the dimensions have lower qualifications after using the application 5 days. The efficiency and attractiveness on the first impression were Good and after using the app for 5 days, the benchmark is above average. The perspicuity, dependability and novelty have the same values in both cases. Moreover, the novelty dimension still has the worst results on the test (Bad).

Native version: The results of the test show that 100% of the iOS participants and 91% of the Android participants agree or totally agree that this prototype behaves as a typical application of each

platform. Figures 7 and 8 show the results for the iOS version and the Android version of the native prototype after the 5 days testing period, respectively.

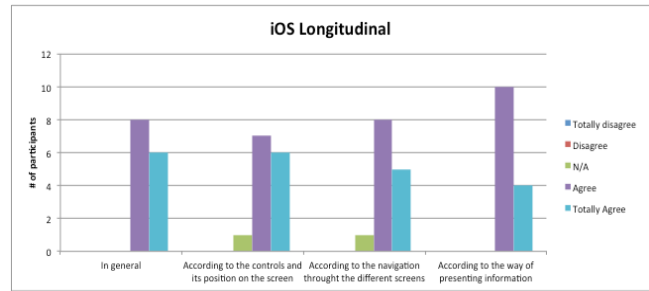


Figure 7. iOS Longitudinal Test Native Prototype.

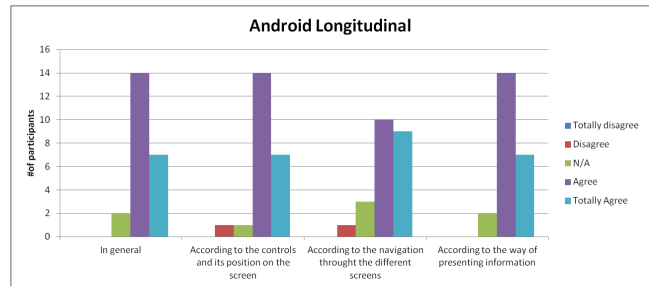


Figure 8. Android Longitudinal Test Native Prototype.

When asked about specific issues, the results on iOS are 8% lower than the ones obtained in the first impression (laboratory) test. For Android, the results from the laboratory test and after the 5 days are the same.

In terms of usability, the evaluation of this prototype on the System Usability Scale (SUS) resulted on a coefficient of 89.12. This very good result is slightly higher than value obtained in the first impression evaluation (86.82). From these results it can be inferred that the satisfaction of the users increased when they could explore the application by themselves.

Table 7 contains the summary of the results of the UEQ questionnaire and the dimensions measured for the native version.

Table 7. UEQ Global Results of Native Prototype after 5 days of use

Dimensions	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Attractiveness	2.148	Excellent	In the range of the 10% best results
Perspicuity	3.236	Excellent	In the range of the 10% best results
Efficiency	1.513	Good	10% of results better, 75% of results worse
Dependability	1.783	Excellent	In the range of the 10% best results
Novelty	0.891	Above average	25% of results better, 50% of results worse

The results obtained on the attractiveness, perspicuity, dependability and novelty have the same benchmark value as the first impression of the participants. In the case of perspicuity the numeric value is better after using the application for 5 days. However, in the case of efficiency, the values are lower than the first impression tests. The results can be based on the fact that the users have more time to explore all the functionalities of the application on a real environment and maybe find some flaws. The novelty dimension has the same result as the first impression tests.

5.3 Final comparison questionnaire

After using and testing every version of the app for five days, participants were asked to compare both applications and choose which option suits better to their idea of an iOS or Android app. Figure 9 and Figure 10 illustrate the answers and the preferences for iOS and Android participants, respectively.

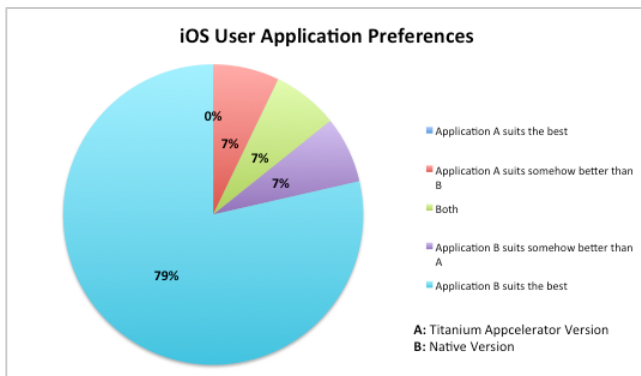


Figure 9. iOS user prototype preferences.

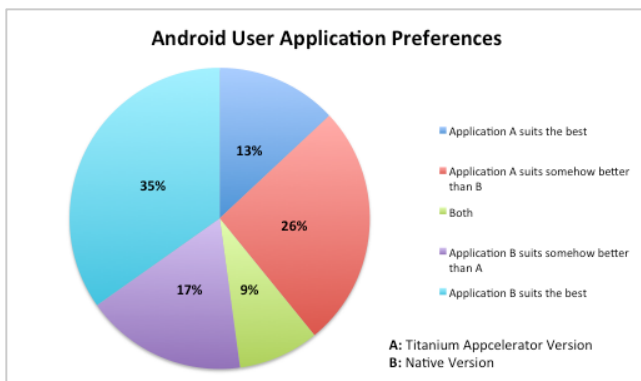


Figure 10. Android user prototype preferences.

While iOS users clearly prefer the native version to the Titanium one as typical iOS app (79%+7% preferring native version vs. 7% preferring Titanium version), in Android the difference is smaller (35%+17% preferring native version vs. 13%+26% preferring Titanium version). Considering the global results, 51% of participants think that the native version suits better than the Titanium version to their idea of a typical app for their platform, plus 14% who think that it suits somehow better, as opposed to 27% who think the contrary, and 8% who think both versions fit into their idea of a typical app in their platform.

6. DISCUSSION

The results show that there is not an extreme difference in terms of usability and UX between the versions generated by a cross-platform framework and the native ones, even if the latter have obtained better results in this respect than the former.

The differences between the results of the laboratory tests on iOS with both prototypes (see Figure 1 and Figure 3) are probably caused by the known fact of iOS platform having higher homogeneity between apps than Android.

On Android, the results of the laboratory tests are almost the same or have a small variation (see Figure 2 and Figure 4). The perception of participants is that the native version and the cross-platform one behave as natural as any other Android application and the user experience generated is very good.

The longitudinal study results show a stronger preference for the native version, which is again higher between iOS users than between Android users

About the UX measured with the UEQ questionnaire, native versions obtain better scores than the framework-generated ones. Results for the longitudinal study are in both cases lower than the ones obtained in the first impression laboratory test. This may be caused because during the 5 days testing period, the users were able to explore the different options of the application on their own and also use it under real circumstances, which can cause a change in their perception as they found it difficult to use or not so much attractive any more.

Regarding the usability of the application measured with the SUS questionnaire, the tendency is the same (native better than cross-platform) but the difference is not too big. Most of the results (laboratory and longitudinal studies) are on the 10% top scores of the SUS scale. In this case, the tendency is that results after the 5 days testing period are better than the ones from the first approach. This result may mean that the application is useful for the participants and has helped them to solve specific problems or have been integrated seamlessly in the student daily life.

The main indication about the adherence to platform conventions, as perceived by the user, comes from the final comparison questionnaire. Participants have been asked to choose the version that better suits their idea of an iOS or Android app, and the results show that there are important differences between iOS and Android users (see Figure 9 and Figure 10): While iOS users clearly prefer the native version to the Titanium one as typical iOS app (86% vs. 7%), in Android the difference is much smaller (52% vs. 39%). Given that some participants commented they preferred how some functionality was designed in the Titanium version, this big difference between platforms could be affected by this bias.

As a threat to the validity of the results, there is the issue of design decisions affecting the UX. We tried in our study to balance usability expertise between the two independent development teams, but there can always be individual differences that affect the quality of each design solution. This problem is intrinsic to experimentation with design processes, and very difficult to tackle. Given that users scored highly both versions of the app in terms of usability, we expect to have been successful in limiting the impact of this question into validity.

The previous training in HCI by members of the design teams in our study does not correspond to the standard developers population. For teams with no UX expertise, a hypothetical framework that provides automatically differences in control

positions and similar issues (like Titanium does on a very basic level), could provide a better UX than the one obtained developing a native app, but we expect that the lack of a UCD process would have a much bigger negative effect on the overall UX.

The observations in our study go in the same line as the results obtained in [12], even if such work presents a more limited evaluation and the applications consisted on touch-events and accessing to hardware resources as camera, accelerometer, etc. In terms of performance and response time, [12] mentions that the native versions presented better response times than the cross-platform ones; in our case, the results show that there are not representative differences in terms of performance of the UI. It is remarkable too that our application is more data focused than the ones in [12], which were focused on the usage of hardware resources of the mobile devices.

We can say that there appears to be some evidence that the usage of a cross-platform development framework, even when considering the one available that provides a better support in terms of particularizing for the specific UX of each platform, affects negatively to the UX of the resulting app in the case of the iOS platform. For the Android platform this effect also appears but with a minimal impact. The exact quantification of this negative effect would require further experimentation.

7. CONCLUSIONS

A case study has been presented for evaluating how the decision to develop a mobile app using use a cross-platform framework impacts the UX of the resulting app, against developing with native code for each platform considered.

The advantages of this kind of frameworks from a development point of view are well known, but for the first time it has been evaluated in terms of the UX of the produced app with a longitudinal study, with an app with enough functionality to be considered a full-scale app, and with a number of test participants to provide a minimum coverage of the two main mobile platforms: Android and iOS.

The results show that a good level of UX can be obtained if the cross-platform development framework is chosen carefully in terms of providing adapted interaction styles for each platform, and the development team has UX expertise. But there are more possibilities of getting a better UX by maintaining the control over interaction issues that provides the development of an app with native code. These results are stronger for the iOS platform than for the Android one, where users may be accustomed to a higher diversity of interaction styles.

Further research is needed to tackle the specific interaction design issues that will be difficult to cover in framework-generated apps, in order to help the design teams using them, and to establish a framing theory that offers software engineers a way of balancing the advantages that using these tools offers from a development point of view, with the loss in overall product quality that a lesser UX implies.

Further experimentation with apps in different domains will be needed to refine the results of the study.

8. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Google and the direction of the School of Computer Science at the Universidad Politécnica de Madrid for their support to this research project.

9. REFERENCES

- [1] Angulo, E., Ferre, X., Alonso, J. *UX & Cross-Platform Mobile Application Development Frameworks*. 2014. DOI = <http://raptor.ls.fi.upm.es/techreports/studyCPFrameworks.pdf>
- [2] Apple. 2014. App Store Sales Top 10\$ Billion in 2013. Apple Press Release. DOI= <http://www.apple.com/pr/library/2014/01/07App-Store-Sales-Top-10-Billion-in-2013.html>
- [3] Apple. 2014. iOS Human Interface Guidelines. DOI = <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/MobileHIG.pdf>
- [4] Banerjee, U. *A Tool Comparison, Technology Trend Analysis*. 2012. DOI= <http://setandbma.wordpress.com/2012/02/20/mobile-hybrid-tool-comparison/>
- [5] Barea, A., Ferre, X., and Villaroel, L. 2013. Android vs. iOS Interaction Design Study for a Student Multiplatform App. *HCI International 2013 - Posters' Extended Abstracts Communications in Computer and Information Science*, Volume 374, 2013, pp 8-12.
- [6] Brooke, J. 1996. SUS - A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. pp. 189--194. Taylor & Francis, London, UK, 1996.
- [7] Clifton, I. G. 2013. *Android User Interface Design: Turning Ideas and Sketches into Beautifully Designed Apps*. Addison-Wesley Professional, Upper Saddle River, NJ, USA, 2013.
- [8] David, M. 2011. *Building Websites with HTML5 to Work with Mobile Phones*. Focal Press, Oxford, UK.
- [9] Fling, B. 2009. *Mobile Design and Development*. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA, USA.
- [10] Google Inc. and the Open Handset Alliance. 2014. Android User Interface Guidelines. DOI = <http://developer.android.com/design/>
- [11] Hartson, R., and Pyla, P. S. *The UX Book*. Morgan Kaufmann, Amsterdam, The Netherlands, 2012.
- [12] Humayoun, S. R., Ehrhart, S. and Ebert, A. 2013. *Developing Mobile Apps Using Cross-Platform Frameworks: A Case Study*. University of Kaiserslautern.
- [13] IBM Corporation. 2012. Creating a Compelling Mobile User Experience. IBM Global Business Services White Paper. http://www-935.ibm.com/services/uk/cio/pdf/Mobile_UX_Whitepaper_02May12_VK.pdf
- [14] IDC.2013. Worldwide Mobile Phone Market Forecast to Grow 7.3% in 2013 Driven by 1 Billion Smartphone Shipments. DOI= <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24302813>
- [15] Madaudo, R., and Scandurra, P. 2013. Native versus Cross-platform frameworks for mobile application development. In: *VIII Workshop of the Italian Eclipse Community* (September, 2013). DOI= http://2013.eclipse-it.org/proceedings/6_Madaudo-Scandurra.pdf
- [16] UEQ-Online. *The User Experience Questionnaire (UEQ)*. Accessed January 2014. DOI = <http://www.ueq-online.org/>
- [17] Usability.gov. 2014. *System Usability Scale (SUS)*. Accessed January 2014. DOI = <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/resources/templates/system-usability-scale-sus.html>

Propuesta para evaluar la satisfacción de uso en Entornos Virtuales de Aprendizaje

Andrés F. Aguirre
Grupo TIC-Unicomfacauc
Corporación Universitaria Comfacauc
Calle 4 N° 8-30 Popayán, Colombia
(+57) 28220517 Ext. 130
afaguirre@unicomfacauc.edu.
co

Ángela Villareal F.
Grupo TIC-Unicomfacauc
Corporación Universitaria Comfacauc
Calle 4 N° 8-30 Popayán, Colombia
(+57) 28220517 Ext. 130
avillareal@unicomfacauc.edu.
co

César A. Collazos
Grupo de Investigación y Desarrollo en
Ingeniería de Software
Universidad del Cauca
Cra 2 N° 4N-103 Popayán, Colombia
(+57) 28209800 Ext. 2133
ccollazo@unicauca.edu.co

Rosa Gil
Grupo de Investigación en Interacción
Persona Ordenador e Integración de
Datos
Universidad de Lleida
Jaume II 69, E-25001 Lleida, Spain
(+34) 973 702 742
rgil@diei.udl.cat

ABSTRACT

Cada vez hay un mayor interés en medir y evaluar la experiencia de usuario de manera más objetiva y precisa con respecto a las necesidades reales de los usuarios. Sin embargo, la evolución de la tecnología ha implicado diversos retos que involucran lograr un acercamiento y comprensión de los elementos implícitos en la interacción de un usuario y un sistema interactivo. En el caso de entornos virtuales de aprendizaje, el desafío es mayor, ya que hay aspectos propios del contexto, que los métodos tradicionales son insuficientes de proporcionar una forma adecuada de evaluar la satisfacción de uso en este tipo de entornos. En el presente artículo se presenta una propuesta que pretende incluir dentro de la evaluación de la satisfacción de uso, elementos cruciales que caracterizan a los sistemas software dedicados al aprendizaje, y a su vez se propone la manera de evaluarlos desde un enfoque emocional.

Keywords

Satisfacción de uso, entornos virtuales de aprendizaje, experiencia de usuario, diseño instruccional.

1. INTRODUCCIÓN

Los enfoques actuales de satisfacción evalúan principalmente la percepción de los usuarios desde dos perspectivas: la eficacia y la

eficiencia; de manera que si el producto es considerado como eficaz y eficiente, se asume que los usuarios están satisfechos [1]. No obstante, hay aspectos de la experiencia de usuario (UX, por sus siglas en inglés *User eXperience*), como la diversión o el entretenimiento, que afectan de manera directa y significativa en la satisfacción general de los usuarios hacia un producto [2]. Dichas características están relacionadas a la calidad hedónica de un producto, la cual se centra en la dimensión subjetiva, es decir en los aspectos afectivos y demás características subyacentes detrás del comportamiento de las personas [3] [4]. Por otro lado, la calidad pragmática se encuentra relacionada con la necesidad que tienen de los usuarios de lograr sus objetivos de manera eficaz y eficiente.

Evidentemente la relación de usuario-producto evoluciona con el tiempo, los aspectos hedónicos de la UX finalmente parecen ganar la relevancia que únicamente se les atribuía a los aspectos pragmáticos [5]. Por lo tanto, surgen nuevos desafíos en la evaluación de la UX, que incluyen la necesidad de comprender mejor las cualidades afectivas que intervienen en la experiencia en el uso de aplicaciones educativas. De esta manera se logra un acercamiento al lado emocional del individuo y una conexión a sus impresiones, sentimientos subjetivos dentro de la evaluación de UX, que permitan establecer una articulación entre distintos componentes inherentes a la satisfacción del usuario.

En el caso de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), la UX es uno de los elementos más importantes en el aprendizaje [6]. Este aspecto resalta la necesidad de enriquecer la evaluación de UX, en especial, desde un enfoque emocional, dada su importancia y la escasez de instrumentos que permiten su medición [7]. Por otro lado, diversos estudios han demostrado que el aprendizaje también está fuertemente influenciado por las emociones, de hecho, las emociones son componentes inseparables de la cognición [8], intervienen profundamente en procesos mentales como la memoria, el raciocinio, la atención y otros dominios de la cognición, fundamentales en el aprendizaje

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

[9]. Del mismo modo, en el aprendizaje asistido por computador, las emociones afectan el rendimiento y nivel de los usuarios [10] [11], influyendo en su juicio y en la toma de decisiones [10]. Sin embargo, pese a la importancia que tienen las emociones en la UX de un EVA, su inclusión dentro de instrumentos para medir la satisfacción, aún es incipiente. Esta investigación propone un instrumento para la evaluación de aspectos relacionados a la satisfacción de UX en EVA, con el propósito de lograr una aproximación a la comprensión de la experiencia del estudiante, de su interacción con herramientas informáticas educativas, de su empatía o apatía al uso de las mismas y demás aspectos que subyacen a la modulación emocional del estudiante en la UX en EVA.

2. CONTEXTO DEL PROBLEMA

La evaluación de la UX de las aplicaciones dedicadas al aprendizaje es una actividad compleja. Dicha situación se debe en gran parte al incremento de las tendencias en los estilos de aprendizaje, la diversidad de alumnos y los avances tecnológicos [12]. Estas características se convierten en importantes desafíos para la definición de métodos que permitan evaluar los diseños de EVA, de manera que permitan identificar si dichos sistemas responden a la voz de los usuarios.

La tarea principal para un usuario frente a un EVA es aprender, lo cual es un proceso bastante abstracto. Por este motivo, los profesionales en evaluación de UX, deben incrementar sus esfuerzos significativamente al momento de tratar con dichos entornos. Autores como Squires ponen de manifiesto la necesidad de incorporar la facilidad de uso dentro del aprendizaje en herramientas informáticas, y señalan también la falta de reciprocidad entre las áreas de la Interacción Humano Computador (HCI, por sus siglas en inglés *Human-Computer Interaction*) y la computación educativa [13]. Una aplicación educativa puede ser útil, pero no en el sentido pedagógico y viceversa [14] [15] [16]. Esto se debe a que los estudios de usuario tradicionales relacionados a la evaluación de interfaces de sistemas interactivos, se encuentra en el análisis del comportamiento de los usuarios, ya que se suelen centrar en el comportamiento racional del usuario, dejando de lado su comportamiento emocional [17].

Por consiguiente, la evaluación de UX debe incorporar estudios sobre pruebas en contextos educativos en donde se considere tanto la parte cognitiva de los usuarios como la afectiva, ya que esta última influye directamente en la motivación de un estudiante en su proceso de aprendizaje. No obstante, la presente investigación no apunta a identificar qué emociones son elicitadas, pues ello no sería suficiente para evaluar y redefinir intervenciones y propuestas de diseño. Esta investigación se centra en conocer cómo son esas reacciones y cómo afectan y se ven afectadas por la interacción entre los usuarios y las interfaces de los EVA.

3. SATISFACCIÓN DE USO

3.1 Satisfacción en la UX

Debido al auge actual que tienen el uso de las tecnologías en la sociedad, es lógico que la satisfacción del usuario final se convierta en el primer condicionante del éxito o fracaso de cualquier sistema interactivo. En el caso de que el usuario no consiga sus objetivos o el software no satisfaga sus necesidades, sencillamente lo abandonará en busca de otra alternativa, o de la

competencia [18]. La satisfacción del usuario es un concepto complejo y difícil de delimitar, pero es de suma importancia ya que modelará la UX, posibilitándole o impidiéndole la consecución de sus objetivos [19]. Frente a este aspecto, se han generado diversos esfuerzos por parte de la comunidad de HCI, para establecer los factores que influyen en la satisfacción, y así gestionarlos adecuadamente en el diseño de interfaces [20]. Uno de los conceptos ampliamente extendidos que se suman a este propósito, es el de la usabilidad, que pretende además brindar elementos para medir el grado de satisfacción, así como también el de eficacia, y eficiencia con el que usuarios específicos pueden lograr objetivos específicos, en contextos de uso específicos [21] [22]. Algunos autores extienden este concepto y establecen dos dimensiones de usabilidad: *usabilidad objetiva o inherente*, y *usabilidad subjetiva o aparente* ([23] [24] [19] citados en [18]). La primera se refiere a la parte funcional o dinámica de la interfaz, y se enfoca en cómo hacer que el producto sea fácil de entender y de aprender (eficacia y eficiencia) [18] [25]. La usabilidad subjetiva, en cambio está más relacionada con la impresión visual de la interfaz, con lo que el usuario percibe a través del diseño, la estética y de las interacciones con la interfaz (satisfacción de uso) [18] [25] [24].

No obstante, recientes investigaciones han indicado que la usabilidad de un producto puede no ser el único, ni siquiera el principal, factor determinante en la satisfacción de los usuarios [26] [27], esto debido a que en los últimos años ha habido una evolución en las interacciones entre el usuario y los distintos sistemas interactivos, en donde se ha pasado de una interacción netamente funcional, determinada por la eficiencia y eficacia del uso del producto, hacia una visión sensorial proyectada a través del placer, la naturaleza subjetiva de la experiencia, la percepción de un producto y las respuestas emocionales [26] [27] [28]. De manera que la satisfacción de uso no puede ser analizada como un atributo de la usabilidad sino que, por el contrario, la usabilidad debe ser entendida como un factor dentro de la consolidación de elementos que propendan por la satisfacción del usuario [18]. La UX se convierte entonces en una mirada holística de la interacción con un producto [28], ya que comprende el conjunto completo de los efectos provocados por el uso de un producto que incluye la experiencia estética, la experiencia de sentido, la experiencia emocional y demás aspectos que involucran la satisfacción del usuario [27].

3.2 Satisfacción en el aprendizaje electrónico

Esta evolución en el concepto de la satisfacción del usuario y en la comprensión hacia la UX, se extiende también a sistemas de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, aunque la educación virtual se está convirtiendo en uno de los enfoques más representativos de la Internet [29], la mayoría de estudios que se han realizado en torno a evaluaciones de EVA, han proporcionado una participación mínima en aspectos de UX [30], lo cual se ve reflejado en aplicaciones educativas que presentan mayores tasas de deserción escolar, en comparación con los cursos tradicionales dirigidos por un instructor. Hay muchas razones que pueden explicar las altas tasas de deserción, como la relevancia de los contenidos, el nivel de confort con la tecnología, la disponibilidad de apoyo técnico, etc., pero un factor importante es la carencia de características cognitivas y emocionales como directrices en el desarrollo de espacios de aprendizaje con diseños válidos [12] [31]. En consecuencia, los estudios de evaluación de UX en EVA son escasos [31]. Este aspecto es uno de los temas principales que conforman el enfoque del presente estudio.

Dentro de este ámbito, la UX se constituye como un elemento esencial en la habilidad del estudiante a la hora de adquirir conocimientos y competencias de manera satisfactoria. De esta forma, la evaluación de UX se convierte también en un medio de apoyo para que los procesos de aprendizaje y enseñanza sean productivos, ya que se busca diseñar sistemas que sean intuitivos a partir de los cuales los usuarios puedan interactuar fácilmente con los EVA y puedan concentrarse en adquirir los conocimientos y competencias previstos en su formación [32]. Cuanto menos esfuerzo se dedique a entender y aprender la funcionalidad del sistema, mayor esfuerzo podrá dedicar el estudiante al aprendizaje [33]. Cabe resaltar también que uno de los aspectos relevantes que se consideran en la UX y que en el caso particular de los EVA, tienen un papel sustancial, son las *emociones* [34]. En diversas investigaciones señalan que las emociones influyen de manera determinante en la motivación de los estudiantes, en su atención y en su desempeño [6] [35] [36]. De manera que en la evaluación de la satisfacción de uso de EVA, es importante considerar las cualidades afectivas que intervienen como un componente inherente de la UX, ya que estas comprometen los atributos funcionales y no funcionales de un sistema, entendiéndose como funcionales, aquellos relacionados con la usabilidad, utilidad y accesibilidad; y en el caso de los no funcionales, hacen referencia a cualidades estéticas, simbólicas, motivacionales, entre otras [6].

4. PROPUESTA PARA EVALUAR LA SATISFACCIÓN DE USO

Pese a que existen estudios relacionados con la evaluación de UX en EVA, muy pocos han sido reportados en la literatura [25] [37] y la mayor parte de la investigación relevante sigue siendo anecdótica [31]. En este sentido, para el desarrollo de la presente propuesta se definen los siguientes dos planteamientos:

4.1 Qué evaluar

Los métodos y técnicas relacionadas con la evaluación de UX, describen lo que se espera obtener, más no se especifica la manera de alcanzar resultados. Este hecho hace que la persona que esté a cargo de la evaluación, realice su respectivo proceso de acuerdo a su propio criterio, lo cual, para el caso de los EVA, hay particularidades que serían tratadas de una manera subjetiva.

En respuesta a esta problemática, surge la necesidad de definir los parámetros que se deben considerar para evaluar la satisfacción de uso de un EVA. Para este propósito, se realiza una contextualización de la satisfacción en EVA, de manera que se convierte en el insumo principal para identificar las características propias del diseño centrado en el Usuario (DCU) y aquellas características relacionadas al Diseño Instruccional (DI).

4.1.1 La satisfacción en EVA

Para realizar una contextualización de la satisfacción en EVA, es necesario utilizar un modelo consistente a los nuevos desafíos que implican la evaluación de la UX, en este sentido se ha encontrado que la ISO/IEC 25010 proporciona una definición que contempla distintos matices de la experiencia general del usuario. Razón por la cual, este concepto fue el punto de partida para el desarrollo de la presente propuesta.

En esta norma, la satisfacción se encuentra dividida en cuatro sub-características destinadas a identificar las necesidades del usuario cuando utiliza un sistema en un contexto de uso específico [38]: la *utilidad*, la *confianza*, el *placer* y la *confort*.

No obstante, es importante hacer un mayor enfoque en el conjunto de factores que condicionan la naturaleza de un EVA, dado que un producto que sea satisfactorio en un contexto de uso dado puede no serlo en otro, con diferentes usuarios, tareas o entornos [1]. Para ello, se ha realizado el siguiente tratamiento a cada una de las sub-características de la satisfacción:

4.1.1.1 Utilidad

Corresponde al grado en el que un usuario está satisfecho con el logro percibido de objetivos pragmáticos, incluyendo los resultados del uso y las consecuencias de su uso [38].

De acuerdo a este concepto, se requiere establecer aquello que será considerado como objetivos pragmáticos. Según Hassenzahl [28], un producto es percibido como pragmático si proporciona un medio eficiente y eficaz para el logro de objetivos. En este sentido, un estudiante podría tener un amplio número de objetivos cuando interactúa con un EVA. Sin embargo, en términos generales su objetivo principal es aprender [39], en consecuencia, se considera que los objetivos pragmáticos del estudiante estarán dirigidos a favorecer el proceso de aprendizaje de tal manera que este se logre de forma sencilla, rápida y utilizando la menor cantidad de recursos posible.

Para encontrar una correspondencia con lo planteado, se referencian estudios a partir de los cuales se puedan obtener los objetivos pragmáticos del estudiante y así determinar la utilidad al interactuar con un EVA. Uno de los trabajos que se ajustan a este propósito, es el Modelo TAM [40], en donde se destaca la utilidad percibida, concepto que ha sido adaptado por diversos autores y llevado al contexto de entornos de aprendizaje en línea [41] [42] [43] [44]. De estos estudios se logran abstraer objetivos pragmáticos como: Realizar las tareas de aprendizaje fácil y rápidamente, Facilitar el aprendizaje del contenido del curso, Mejorar el rendimiento del aprendizaje, entre otros no menos importantes.

4.1.1.2 Confianza

Se entiende como el grado en el cual un usuario tiene confianza de que un producto o sistema según lo previsto. No obstante, dado que la confianza forma parte de la satisfacción de uso, la cual compromete un concepto más generalizado que está sujeto al contexto específico de uso [38], se reconoce la necesidad de considerar elementos de dicho contexto (en este caso EVA) que definan un constructo que soporte la confianza. Por consiguiente, los componentes que entrarían a formar parte para dicho propósito, se obtienen del DI, particularmente del trabajo de Jhon Keller [45], quien ha realizado diversos aportes al mismo y es considerado uno de los autores más representativos dentro de este ámbito [46]. Keller plantea un modelo de cuatro categorías que conforman la motivación de un estudiante, que corresponden a: Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción (ARCS) [45]. En este modelo la confianza se define como estrategias que ayudan a desarrollar expectativas positivas para el logro de las metas del estudiante en un EVA. De tal manera que los aprendices experimenten sus éxitos a sus esfuerzos y no a factores externos como la suerte o la dificultad de la tarea [45].

Por otro lado, desde del panorama de la interacción entre un usuario y un sistema software, la confianza se ve afectada positivamente por la facilidad de navegación en el entorno [47] [48] y el buen uso de elementos de diseño visual [40]. El modelo de confianza tratado en [49], plantea que cuando una interfaz es consistente en cuanto a apariencia visual, elementos de

interacción (botones, menús, etc.) navegación y terminología, incrementa la confianza de los usuarios. De igual manera, se ha identificado que aspectos como la falta de control por parte del usuario [49] y los mensajes de error descortés y no constructivos ([50] citado en [49]) tienen un impacto negativo en la confianza del usuario.

4.1.1.3 Placer

Grado en el cual un usuario obtiene placer de cumplir sus necesidades personales [38]. Dichas necesidades pueden incluir necesidades para adquirir nuevos conocimientos y habilidades, para comunicar identidad personal y provocar recuerdos agradables [38].

Hassenzahl, uno de los investigadores más influyentes en el área de la UX, recopila una lista de las 8 necesidades psicológicas de los seres humanos, basadas en las necesidades propuestas por Sheldon *et al.* [3]. Además existen estudios ampliamente reconocidos, planteados por fuera de la psicología que las apoyan: [51] [52] [53] [54]. Estas necesidades involucran la dimensión del placer como la confirmación de las posibilidades de un evento deseable [3].

De acuerdo a los estudios de Hassenzahl, la estimulación, la identificación y la evocación, son consideradas necesidades importantes en el contexto de las tecnologías interactivas, y a su vez corresponden a los atributos hedónicos que fundamentan el placer [28]: *Influencia – popularidad, Placer – estimulación, Sentido - Auto realización.*

4.1.1.4 Confort

Está relacionado con el grado en el que el usuario está satisfecho con el confort físico [38]. Jordan [55] y Tiger [53] establecen que el confort físico está determinado por los placeres derivados directamente de los sentidos como el tacto, el gusto y el olfato. En efecto, esta sub-característica de la satisfacción, no se tendrá en cuenta debido a su aparente débil conexión con los estilos de interacción convencionales en EVA y a su incapacidad para emerger como una clara necesidad para el presente estudio.

En virtud de lo descrito, el planteamiento sugerido permite conformar una combinación entre el diseño de interfaces, el constructo de la motivación en el aprendizaje y la experiencia de usuario. De manera que al incluir estas estructuras dentro del proceso de evaluación de UX de EVA, se obtiene una aproximación más objetiva y precisa tanto de los objetivos pragmáticos como hedónicos implícitos en la satisfacción de un estudiante.

4.2 Cómo evaluar:

Una vez definidas las variables que se deben considerar al evaluar la satisfacción de uso, es necesario establecer la forma en cómo será evaluada. Aunque existen instrumentos que establecen cómo evaluar la dimensión emocional, hay carencia de técnicas que permitan la identificación y el correcto procesamiento de la información de las emociones que afectan la satisfacción del usuario cuando interactúa con un EVA.

Para establecer la manera en cómo se evaluará la satisfacción del estudiante, se hace necesario definir las emociones y cómo medirlas, de manera que pueda conocer más acerca de los componentes afectivo-emocionales de los usuarios y a su vez proporcionar una estructura de apoyo que permita la

identificación y cuantificación de variables y especificaciones en el diseño de EVA desde un enfoque emocional.

Dado que en la presente propuesta se pretenden evaluar la satisfacción de los estudiantes a través de la dimensión emocional, se han considerado estudios que recopilan emociones que se generan en contextos de entornos interactivos, como se propone en [56], así como también aquellos estudios enfocados al análisis de las emociones evocadas en sistemas de aprendizaje electrónico [57] [58] [59], que se encuentran apoyados en varias teorías sobre emociones en el aprendizaje. Para el caso de los instrumentos que permitirán la evaluación de las emociones, se consideran aquellos que permitan indagar las emociones del usuario, teniendo en cuenta la intensidad y combinación de emociones frente a una misma situación.

A través de estas perspectivas derivadas del DI y diseño de interfaces, se establecen los parámetros a partir de los cuales estará sustentada la evaluación de la experiencia de los usuarios en EVA, dichos criterios de evaluación están relacionados con el diseño visual de la interfaz, la facilidad de aprendizaje, la interactividad, la retroalimentación, el contenido, recursos y la utilización de los mismos, entre otros. Además de estos componentes se suma el grado de implicación y motivación de un estudiante frente al uso de un EVA que serán tratados a través de los mecanismos establecidos para la captura de respuestas emocionales de los estudiantes.

De acuerdo a lo mencionado, los distintos elementos que conforman esta investigación, permiten obtener información más precisa sobre el comportamiento de los usuarios y la manera en cómo utilizan los entornos de aprendizaje, teniendo en cuenta los objetivos instruccionales y educativos que caracterizan dichos sistemas. Comprender las impresiones y sensaciones que los usuarios tienen frente al uso de aplicaciones educativas, proporciona criterios para determinar si un EVA se ha diseñado bien y saber si se han alcanzado las necesidades funcionales y subjetivas de los usuarios. Este aspecto brinda a los evaluadores de interfaces, mecanismos más sólidos para fortalecer las herramientas de las que disponen para el proceso de evaluación [60].

5. CONCLUSIONES PRELIMINARES

Actualmente se observa un incremento exponencial en el desarrollo de sistemas interactivos que apoyan el proceso de aprendizaje, lo cual pone de manifiesto la necesidad de redefinir los procesos relacionados con la evaluación de la satisfacción en la UX de sistemas interactivos, en particular de los EVA. Esta situación se presenta debido a que los estudios de usuarios tradicionales, se centran en los parámetros objetivos, asociados a aspectos mensurables y verificables en un producto interactivo; descuidando componentes hedónicos que hacen parte de la satisfacción del usuario y que se encuentran directamente relacionados con el grado de implicación y motivación que presenta una persona frente al uso de un EVA.

Generalmente los estudios relacionados con la evaluación de UX, están orientados a considerar la satisfacción de manera subjetiva. Dentro del presente estudio se integran dos estructuras que se complementan entre sí, a fin de hacer frente a las particularidades implícitas en el diseño de EVA: diseño centrado en el aprendiz y DI. Este aspecto permite contar con un medio para garantizar que los procesos de aprendizaje y enseñanza sean productivos, ya que busca diseñar sistemas que sean intuitivos a partir de los cuales

los usuarios puedan interaccionar fácilmente con los EVA y puedan concentrarse en adquirir los conocimientos y competencias previstos en su formación.

La práctica actual en la evaluación de la UX, sugiere que la elección de instrumentos de medición de UX es difícil y que las conclusiones de algunos estudios de usabilidad se ven debilitados por los elementos que evalúan y por la forma en cómo utilizan medidas de evaluación de la UX para brindar un soporte a la calidad en uso de productos software. Las sugerencias de cómo responder a los desafíos identificados, pueden brindar la posibilidad de contar con herramientas que faciliten la evaluación de UX desde un enfoque emocional, y a su vez, establecer medidas de UX más válidas y completas respecto a la percepción de un estudiante frente al uso de un EVA.

6. REFERENCIAS

- [1] N. Bevan, "Los nuevos modelos de ISO para la calidad y la calidad en uso del software," in *Calidad del producto y proceso software*, Editorial Ra-Ma, 2010, pp. 55–75.
- [2] G. Cockton, "Putting Value into E-valuation," in *Maturing Usability*, 2008, pp. 287–317.
- [3] M. Hassenzahl, S. Diefenbach, and A. Göritz, "Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience," *Interact. Comput.*, vol. 22, no. 5, pp. 353–362, Sep. 2010.
- [4] N. Bevan, "Classifying and selecting UX and usability measures," *Int. Work. Meaningful Meas. Valid Useful User Exp. Meas.*, vol. 11, pp. 13–18, 2008.
- [5] S. Kujala, V. Roto, K. Väänänen-vainio-mattila, and A. Sinnelä, "Identifying hedonic factors in long-term user experience," *Proc. 2011 Conf. Des. Pleasurable Prod. Interfaces. ACM*, no. c, pp. 0–7, 2011.
- [6] F. Redzuan, A. M. Lokman, and Z. A. Othman, "Kansei Design Model for Engagement in Online Learning: A Proposed Model," *Informatics Eng. Inf. Sci.*, pp. 64–78, 2011.
- [7] K. Capota, M. Van Hout, and T. Van Der Geest, "Measuring the emotional impact of websites: a study on combining a dimensional and discrete emotion approach in measuring visual appeal of university websites," in *Proceedings of the 2007 conference on Designing pleasurable products and interfaces*, 2007, no. August, pp. 22–25.
- [8] D. A. Norman, *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Books, 2007, p. 272.
- [9] R. J. Dolan, "Emotion, cognition and behavior," *Science*, vol. 298, no. 5596, pp. 1191–4, Nov. 2002.
- [10] H. Järvenoja and S. Järvelä, "How students describe the sources of their emotional and motivational experiences during the learning process: A qualitative approach," *Learn. Instr.*, vol. 15, no. 5, pp. 465–480, Oct. 2005.
- [11] M. Nummenmaa and L. Nummenmaa, "University students' emotions, interest and activities in a web-based learning environment.," *Br. J. Educ. Psychol.*, vol. 78, no. Pt 1, pp. 163–78, Mar. 2008.
- [12] P. Zaharias and A. Poulymenakou, "Implementing learner-centred design: The interplay between usability and instructional design practices," *Interact. Technol. Smart Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 87–100, 2006.
- [13] D. Squires, "Usability and Educational Software Design: Special Issue of Interacting with Computers," *Interact. Comput.*, vol. 11, no. 5, pp. 463–466, May 1999.
- [14] C. Quinn, "Pragmatic evaluation: lessons from usability," in *13th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, 1996.
- [15] P. R. Albion, "Heuristic evaluation of educational multimedia: from theory to practice," in *Proceedings ASCILITE 1999: 16th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education: Responding to Diversity*, 1999, pp. 9–15.
- [16] D. Squires and J. Preece, "Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them," *Interact. Comput.*, vol. 11, no. 5, pp. 467–483, 1999.
- [17] Y. Hassan Montero and F. J. Martín Fernández, "Más allá de la usabilidad: interfaces 'afectivas,'" *No Solo Usabilidad*, no. 2, 2003.
- [18] Y. Hassan Montero, "Factores del diseño web orientado a la satisfacción y no-frustración de uso," *Rev. española Doc. científica*, vol. 29, no. 2, pp. 239–257, 2006.
- [19] K. Hornbæk, "Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 64, no. 2, pp. 79–102, Feb. 2006.
- [20] Y. Rogers, H. Sharp, and J. Preece, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, 3rd ed. John Wiley & Sons, 2011, p. 602.
- [21] I. O. for Standardisation, *ISO 9241: Software Ergonomics Requirements for office work with visual display terminal (VDT)*. Geneva, Switzerland, 1998.
- [22] Y. Hassan Montero, F. J. M. Fernández, and G. Iazza, "Diseño Web Centrado en el Usuario : Usabilidad y Arquitectura de la Información," *Hipertext. net*, no. 2, 2004.
- [23] M. Kurosu and K. Kashimura, "Determinants of the apparent usability [user interfaces]," in *Systems, Man and Cybernetics, 1995. Intelligent Systems for the 21st Century., IEEE International Conference on*, 1995, vol. 2, pp. 1509–1514 vol.2.
- [24] L. Fu and G. Salvendy, "The contribution of apparent and inherent usability to a user's satisfaction in a searching and browsing task on the Web.," *Ergonomics*, vol. 45, no. 6, pp. 415–24, May 2002.
- [25] A. Madan and S. K. Dubey, "Usability Evaluation Methods: A Literature Review," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 02, pp. 590–599, 2012.
- [26] A. De Angeli, A. Sutcliffe, and J. Hartmann, "Interaction, usability and aesthetics: what Influences Users' Preferences?," *Proc. 6th Conf. Des. Interact. Syst.*, pp. 271–280, 2006.
- [27] A. Sonderegger and J. Sauer, "The influence of design aesthetics in usability testing: Effects on user performance and perceived usability," *Appl. Ergon.*, vol. 41, no. 3, pp. 403–10, May 2010.
- [28] M. Hassenzahl, "The thing and I: understanding the relationship between user and product," in *Funology*, vol. 3, M. Blythe, K. Overbeeke, A. Monk, and P. Wright, Eds. Springer Netherlands, 2005, pp. 31–42.

- [29] M. H. Harun, "Integrating e-learning into the workplace," *Internet High. Educ.*, vol. 4, no. 3, pp. 301–310, 2001.
- [30] K.-M. Chuah, C.-J. Chen, and C.-S. Teh, "Designing a desktop virtual reality-based learning environment with emotional consideration," *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.*, vol. 6, no. 1, pp. 25–42, 2011.
- [31] P. Zaharias, M. Belk, P. Germanakos, and G. Samaras, "User Experience in Educational Virtual Worlds," in *CHI 2011*, 2011.
- [32] A. Ferreira Szpiniak and C. V Sanz, "Un modelo de evaluación de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje basado en la usabilidad," *IV Congr. Tecnol. en Educ. y Educ. en Tecnol.*, pp. 382–392, 2012.
- [33] D. H. Jonassen, J. Howland, J. Moore, and R. M. Marra, "Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective," 2002.
- [34] K. B. Rager, "I Feel, Therefore, I Learn: The Role of Emotion in Self-Directed Learning," *New Horizons Adult Educ. Hum. Resour. Dev.*, vol. 23, no. 2, pp. 22–33, 2009.
- [35] R. J. MacFadden, "Souls on Ice: Incorporating Emotion in Web-Based Education," *J. Technol. Hum. Serv.*, vol. 23, no. 1–2, pp. 79–98, Aug. 2005.
- [36] C. Wang, S. Ke, H. Chuang, H. Tseng, and G. Chen, "E-learning system design with humor and empathy interaction by virtual human to improve students' learning," in *Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education. Putrajaya, Malaysia: Asia-Pacific Society for Computers in Education*, 2010, pp. 615–622.
- [37] S. Minocha and A. Reeves, "Interaction Design and Usability of Learning Spaces in 3D Multi-user Virtual Worlds," in *Human Work Interaction Design: Usability in Social, Cultural and Organizational Contexts*, D. Katre, R. Orngreen, P. Yammiyavar, and T. Clemmensen, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 157–167.
- [38] I. S. O. ISO, "IEC 25010: 2011: Systems and software engineering--Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuRE)--System and software quality models," *Int. Organ. Stand.*, 2011.
- [39] P. Zaharias and A. Poylymenakou, "Developing a Usability Evaluation Method for e-Learning Applications: Beyond Functional Usability," *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 25, no. 1, pp. 75–98, 2009.
- [40] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Q.*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340, 1989.
- [41] P.-C. Sun, R. J. Tsai, G. Finger, Y.-Y. Chen, and D. Yeh, "What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction," *Comput. Educ.*, vol. 50, no. 4, pp. 1183–1202, May 2008.
- [42] K. A. Pituch and Y. Lee, "The influence of system characteristics on e-learning use," *Comput. Educ.*, vol. 47, no. 2, pp. 222–244, 2006.
- [43] R. Saadé and B. Bahli, "The impact of cognitive absorption on perceived usefulness and perceived ease of use in on-line learning: an extension of the technology acceptance model," *Inf. Manag.*, vol. 42, no. 2, pp. 317–327, 2005.
- [44] E. W. T. Ngai, J. K. L. Poon, and Y. H. C. Chan, "Empirical examination of the adoption of WebCT using {TAM}," *Comput. Educ.*, vol. 48, no. 2, pp. 250–267, 2007.
- [45] J. M. Keller, "First principles of motivation to learn and e-learning," *Distance Educ.*, vol. 29, no. 2, pp. 175–185, Aug. 2008.
- [46] J. Ouimette, D. W. Surry, A. Grubb, and D. A. Hall, "Essential books in the field of instructional design and technology," *Australas. J. Educ. Technol.*, vol. 25, no. 5, pp. 731–747, 2009.
- [47] J. Xu, K. Le, A. Deitermann, and E. Montague, "How different types of users develop trust in technology: A qualitative analysis of the antecedents of active and passive user trust in a shared technology," *Appl. Ergon.*, no. 0, p. -, 2014.
- [48] G. L. Urban, C. Amyx, and A. Lorenzon, "Online Trust: State of the Art, New Frontiers, and Research Potential," *J. Interact. Mark.*, vol. 23, no. 2, pp. 179–190, 2009.
- [49] C. L. Corritore, B. Kracher, and S. Wiedenbeck, "On-line trust: concepts, evolving themes, a model," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 58, no. 6, pp. 737–758, 2003.
- [50] J. Nilsen, R. Molich, C. Snyder, and S. Farrell, "E-Commerce User Experience: Trust," *Nielsen Norman Group, Fremont, CA*, 2000. [Online]. Available: <http://www.nngroup.com/reports/ecommerce-user-experience/>. [Accessed: 03-Feb-2001].
- [51] A. H. Maslow, R. Frager, and J. Fadiman, *Motivation and personality*, vol. 2. Harper & Row New York, 1970.
- [52] P. Jordan, *Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors*. CRC Press, 2000.
- [53] L. Tiger, *The Pursuit of Pleasure*. New Brunswick, New Jersey: Transaction Publishers, 2000, p. 330.
- [54] B. Gaver and H. Martin, "Alternatives: Exploring Information Appliances through Conceptual Design Proposals," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2000, vol. 2, no. 1, pp. 209–216.
- [55] P. W. Jordan, "Pleasure With Products: Human Factors for Body, Mind and Soul," in *Human Factors in Product Design: Current Practice and Future Trends*, W. Green and P. W. Jordan, Eds. CRC Press, 1999, pp. 206–217.
- [56] P. M. A. Desmet, "Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products," in *Funology*, Springer, 2005, pp. 111–123.
- [57] L. Shen, M. Wang, and R. Shen, "Affective e-Learning : Using 'Emotional' Data to Improve Learning in Pervasive Learning Environment," *J. Educ. Technol. Soc.*, vol. 12, pp. 176–189, 2009.
- [58] K. O'Regan, "EMOTION AND E-LEARNING," *J. Asynchronous Learn. networks*, vol. 7, no. 3, pp. 78–92, 2003.
- [59] B. Kort, R. Reilly, and R. Picard, "An affective model of interplay between emotions and learning: Reengineering educational pedagogy-building a learning companion," in *Advanced Learning Technologies, IEEE International Conference on*, pp. 1–4.

[60] A. F. Aguirre, Á. P. Villareal, C. A. Collazos, Y. Méndez, I. Kafure, and R. Gil, “La Importancia del Factor Emocional en el Proceso de Evaluación de Usabilidad de Sistemas

Interactivos,” in *Latin American Conference on Networked and Electronic Media - LACNEM*, 2010.

Evaluation of Disambiguation Mechanisms of Object-Based Selection in Virtual Environment: Which Performances and Features to Support “Pick Out”?

Zouhair Serrar^{1,2}

Cadi Ayyad University
z.serrar@edu.uca.ma

Nabil Elmarzouqi^{1,2}

Cadi Ayyad University
elmarzouqi@uca.ma

Zahi Jarir²

Cadi Ayyad University
jarir@uca.ma

Jean-Christophe Lapayre³

Franche-Comté University
Jean-christophe.lapayre@univ-fcomte.fr

ABSTRACT

A 3D object selection technique is an essential building part of interactive virtual environment system. This ability to choose which object is the target for subsequent actions precedes any further behavior. Selection mechanism as part of manipulation process in a virtual environment is performed using different techniques. Furthermore, many problems make selection a difficult task and contribute to target ambiguity that leads users to select wrong objects by mistake. Therefore, disambiguation mechanisms have been proposed in the literature to solve target ambiguity. In this paper, we present an evaluation study of selection techniques that support disambiguation mechanisms.

We performed a comparative study of 4 selection techniques including disambiguation mechanisms: Ray-Casting, Depth Ray, SQUAD and Shadow Cone. We developed an automated test environment where we varied scene density and measured the performance of each selection technique. Our goal was to measure the velocity of each technique, its sensitivity to occlusion, how much navigation it required and how far it could select targets. We found that discrete progressive refinement used in SQUAD was the fastest solution when user acts in a scene containing few objects to select. We also found that techniques that augment the pointing metaphor by using a 3D cursor, such as Depth Ray and SQUAD, performed better than ray casting itself or cone casting.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: Evaluation/methodology, Interaction styles, Theory and methods.

General Terms

Disambiguation mechanism, Virtual Environment, Measurement, Performance, Experimentation

Keywords

Object Selection, Disambiguation Mechanism, 3D Virtual Environment, Human-Computer Interaction.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN'14, September 10–12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

1. INTRODUCTION

In a virtual environment, users interact with virtual objects for all intents and purposes to perform work related tasks and to communicate with each other along with to entertain themselves. In order to manipulate objects, users first need to choose the accurate object using a selection technique. When selecting an object, users inform the virtual environment that this object is target of subsequent actions, including position, orientation and information related to the object's properties. Because selection is the first step in interaction with virtual worlds, any problem during selection has direct drawbacks on interaction overall. Nevertheless, in a genuine situation users face many issues when attempting to select an object. These issues usually make the selection more difficult, and often lead to a target ambiguity. Therefore, the user selects the wrong object by mistake instead of an agreed one. Some of these issues are due to the organization of the virtual world. For example, ambiguity is more likely to happen in dense environments where objects are numerous and close to each other. Other issues are due to the limitation of the selection technique in use.

Target ambiguity results in frustration for users because they have to perform selection steps all over again to successfully select the right object. A subset of selection techniques in the literature proposes disambiguation mechanisms in an attempt to reduce or completely remove ambiguity. Performances of these mechanisms often depend on the situation presented to the user, and each technique has its advantages and limitations. In this paper, we present our comparative study of 4 selection techniques with different disambiguation mechanisms: Ray-Casting [11], SQUAD [9], Shadow Cone [14] and Depth Ray [7]. The objective of our study is to evaluate the velocity of each technique, its ability to select hidden and far-away targets and the distance covered throughout the navigation to successfully select targets.

In the next section, we present with more details the problem of ambiguity and we summarize the different solutions proposed in the literature. Section 3 presents our experiment and the virtual world we created to evaluate the different techniques. Section 4 presents our results. Finally, Section 5 and 6 presents a discussion about our findings, thoughts of potential improvements and perspectives of our future work.

1 National School of Applied Sciences of Marrakech, ENSA Marrakech, Cadi Ayyad University, Avenue Abdelkarim Khattabi, BP 575, Guéliz, Marrakech, Morocco

2 LISI Laboratory, Computer Science Department, Faculty of Sciences, Cadi Ayyad University, BP 2390, Marrakech, Morocco

3 FEMTO-ST/DISC UMR CNRS 6174, Computer Science for Complex Systems Dept. Franche-Comté University, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France

2. Related Work

When the target is ambiguous in a virtual environment, a user will likely fail to capture it, and will capture another object instead by mistake. An ideal scenario would be for the user to directly select the object he has in mind, but that is not usually the case in virtual worlds. Ambiguity is caused mainly by both the organization of the scene's objects and the mechanism of the selection technique. To solve this problem, some techniques act on the layout of objects and other parts of the running environment, while others work on the intrinsic aspects of the technique itself.

2.1 Ambiguity caused by environment

In a dense environment several objects share the same scene and they are smoothly close to each other, so they are more likely to be confused. The size of objects in a customary scene and their geometry are also contributing factors to ambiguity. Therefore, small objects require a more precise selection, while very big objects are usually easier to select.

Some selection techniques change the location, scale or display of objects to make selection easier. However, they apply these adaptations in a different context because selection is not supposed to change the issue of a virtual environment.

Changing the context is usually completed by reorganizing objects in menus or lists. According to this technique, Flower Ray [7] creates a marking menu of all objects crossed by a ray instrument, SQUAD [9] recursively divides captured objects in a quad-menu, Transparent Cylinder and Transparent Sphere [2] create a list where each object is presented by its name. As for Disambiguation Canvas [3], it uses a mobile display with touch screen to display captured objects and disambiguate the target. Changing the context may not work all the time, especially when visually similar objects are captured at once, as noted by the authors of SQUAD [9], or when names are not very relevant when using a drop down list of object names.

2.2 Ambiguity caused by selection technique

Selection techniques make use of geometric shapes called "*selection tools*" to capture objects through intersection tests [1]. The most used selection tools are: 3D lines, cones, spheres, and cubes. Each selection tool presents different challenges for disambiguation because it can capture many objects at once.

Some techniques reduce ambiguity by giving users the ability to manually change the selection tool's shape to adapt it to different situations. By applying this technique commonly used by actors, Aperture [5] lets the user changes the cone's base radius, a wider cone is more tolerant to input instability but a narrower cone is more precise and can select smaller objects more easily. Flexible Pointer [4] goes forward this technique and casts a curved ray, giving the user the ability to control the tangents of its Bezier curve to get around obstacles.

Other techniques change the selection tool's shape for other purposes: (a) to capture more objects in long range, (b) to compensate for the lack of visibility and the inconvenience of lower input device stability [9], (c) to get around obstacles and reach hidden spots [4], or (d) to reduce the required precision of performing a perfect hit on the target [6; 16]. The SQUAD [9] makes the selection sphere bigger when its center is farther from the user to capture more objects in long range, this helps reduce the effect of instability and loss of precision of ray-casting at a far

distance. Bubble Cursor [6] changes the radius of its cursor to contain one object at a time, it is the object that belongs to the Voronoi cell where the cursor is located. Sticky Ray [16] improves traditional ray-casting by removing the need to perform an exact hit on the target and casts therefore a ray that bends toward the closest selectable object.

Degrees-of-freedom (DoFs) provided by the technique to control selection tools are, furthermore, a contributing factor to ambiguity. The number of DoFs elucidates preminent factors related to complexity of a selection technique besides. If a user controls multiple DoFs simultaneously, he is able to operate more controls over the selection tool afterward. The troubles related to the use of selection tool through 3D interaction disturb nevertheless the accomplishment of a task. Therefore, tasks become challenging and demand slightly more efficiency and expertness. Pointing techniques generally use 5 DoFs, 3 for moving the user's virtual hand, and 2 for orienting the virtual pointer. Techniques that use a hand metaphor use 3 DoFs for moving the cursor. Table 1 summarizes the number of DoFs required by selection techniques in the literature. Some techniques use more than one selection tools, iSith uses 2 rays in each hand, giving the user 10 DoFs in total [18]. In Depth Ray and Lock Ray techniques [7], a cursor is constrained to a virtual ray, the user only needs one DoF to control the cursor, while still needing 5 DoFs to point the ray.

2.3 Disambiguation mechanisms

The main occupation of a selection technique's disambiguation mechanism is to choose the right object from a set of captured objects in a virtual scene. This choice can be done manually by the user, or by using a heuristic to rank objects, or by continuously sensing the user's behavior and ranking objects accordingly [1] as well.

Heuristic mechanisms operate in one step: when the user confirms selection, the disambiguation mechanism immediately facilitates the choice of an object. Many techniques use a closest-distance heuristic. Ray-Casting [11] chooses the first object that intersects the ray, it is the closest object to the ray's starting position. Flashlight [10] chooses the closest object to the cone's apex and central axis. Probabilistic Pointing mechanism [13] projects the scene on a selection frustum, it uses a pixel count heuristic, where the selected object is chosen according to the amount of pixels it projects on the selection frustum.

In manual mechanisms, the user manually sorts objects throughout the set of captured object. Some techniques present the whole set of captured objects to the user in a menu or list (e.g. Flower Ray [7], Transparent Cylinder/Sphere [2]). Improved Virtual Pointer [15] uses an heuristic to create a list of closest selectable objects. This mechanism gives users the ability to navigate through a list of objects by choosing the next/previous target.

Other manual mechanism use progressive refinement [9], breaking selection down into many steps where the set of captured objects is reduced, thus reducing the required precision of pointing. SQUAD [9] uses discrete refinement, it breaks the captured set down in 4 parts recursively, in each step, the user is asked to choose one of the four quadrants of the quad-menu where the target and eventually other objects are located. Shadow Cone mechanism [14] uses continuous refinement, every object that intersects the cone for the first time is captured, but once it

leaves the cone, it cannot be captured again until the end of the selection process. When comparing Ray-Casting with SQUAD [9], it was proven that SQUAD was more accurate and more effective for selecting small targets, but it was slower in higher scene densities due to the increasing number of selection steps.

Other disambiguation mechanisms are based on persistence of pointing and score accumulation. These mechanisms maintain a history of objects that are captured with the selection tool and keep statistical data on each of them. This data describes the user's behavior and is used to rank objects before selection confirmation. Much like heuristic mechanisms, a behavioral mechanism selects

the highest ranked object upon selection confirmation. In Sense Shapes [12], the algorithm of disambiguation records the time an object spends in the selection tool's volume, the number of times an object has entered or exited that volume, and how much of the object's volume was contained in the selection tool. Smart Ray mechanism [7] keeps a score for each object over time, increasing it when the object crosses the selection ray, and decreasing it when the object does not cross the ray.

In Table 1, we summarize the current state of the art of disambiguation mechanisms used in selection techniques.

Table 1. Summary of disambiguation mechanisms in the literature

Type	Technique	Disambiguation Context	DoFs	Selection tool	Tool shape behavior
Manual	Shadow Cone [14]	World	5	Cone	Static
	iSith [18]	World	10 (5 for each hand)	2 Rays	Static
	SQUAD [9]	Quad Menu	5 for pointing 2 for disambiguation	Ray + Sphere	Dynamic
	Depth Ray [7]	World	6 (5 for pointing + 1 for moving depth marker)	Ray + Sphere Cursor	Static
	Lock Ray [7]	World	5 for pointing 1 for disambiguation	Ray + Sphere Cursor	Static
	Flower Ray [7]	Marking Menu	5 for pointing 2 for disambiguation	Ray	Static
	Starfish [17]	World	3	3D cursor constrained to a starfish shape	Static cursor + Dynamic Starfish Shape
	Transparent Cylinder [2]	List	5 for pointing 2 for disambiguation	Cylinder	Static
	Transparent Sphere [2]	List	3 for moving cursor 2 for disambiguation	Sphere	Static
	Disambiguation Canvas [3]	Mobile Display	5	Volume Casting (Sphere and Cone)	Static
	Flexible Pointer [4]	World	6 (5 for pointing + 1 for bending ray)	Bendable Ray	Dynamic
	Improved Virtual Pointer [15]	World	6 (5 for pointing + 1 for browsing)	Ray + Bendable Ray for feedback	Dynamic
Heuristic	Bubble Cursor [6]	World	2 (Operates in 2D)	2D circle cursor	Dynamic
	Sticky Ray [16]	World	5	Bendable Ray	Dynamic
	Probabilistic Pointing [13]	World	5	Cone	Static
	Flashlight [10]	World	5	Cone	Static
	Aperture [5]	World	6 (5 for pointing + 1 for changing the cone's base radius)	Cone	Dynamic
	Ray-casting [11]	World	5	Ray	Static
Behavioral	Intent Select [8]	World	5	Cone + Bendable Ray for feedback	Static
	Sense Shapes [12]	World	5	Volumetric Primitives (spheres, cubes, cylinders and cones)	Static
	Smart Ray [7]	World	5	Ray	Static

3. Experiment

We created an evaluation environment to compare the performances of four mechanisms: Ray-Casting [11], Depth Ray [7], SQUAD [9] and Shadow Cone [14]. The objective of our study is to find which technique is the fastest, and evaluate the ability of each technique to select hidden targets and targets placed at different distances from the user's viewpoint. For each technique, we measured: (a) completion time, (b) number of hidden targets selected, (c) total navigation distance required to select target and (d) the distance to target upon selection confirmation. We created a simulator that runs each technique through the same selection scenario in 3 world configurations: high-density, medium-density and low-density. We have collected afterward performance data using each technique.

Figure 1 shows the layout of our virtual world. We organize objects in a circular fashion; each object is a sphere with a radius of 5 units. We have then 4 objects (in black) as distractors; their purpose is to hide other objects, to increase ambiguity and to make selection more difficult as well. The other 12 objects are potential targets for selection. Only one of these is selectable at a time, which makes the other 11 objects as temporary distractors. There are 4 potential targets that are easily reachable from outside the circle (in blue), 4 objects are partially hidden (in yellow) and 4 are rather well hidden (in green). The same spacing distance is used between objects. Users could navigate left or right (blue arrows) in a circle around objects.

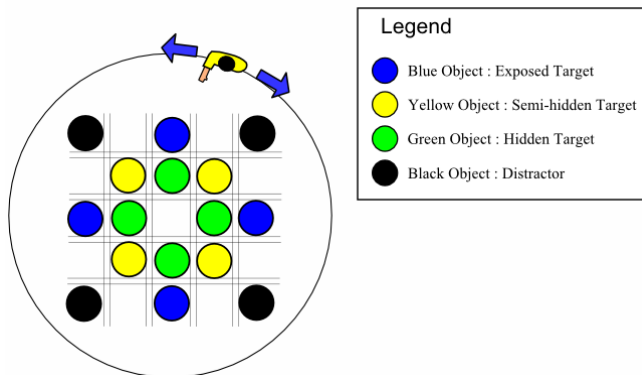


Figure 1. World layout and navigation model.

We created 3 levels of density for selection scenario (see Figure 2). Many factors define world density: (a) distance of objects to each other, (b) number of objects in the world and (c) differences between objects sizes and shapes. For our study, we change our world's density by changing the spacing distance between objects. In a high-density environment, objects are very close to each other, while in a low-density environment, objects are far away from each other. In this study, we consider a spacing of 1 unit for high density, 5 units for medium density and 10 units for low density.

We include navigation to let the environment change the user's point of view during selection. We take advantage of the circular layout of the evaluation environment to constrain navigation to a circle. A user could only navigate left or right, like a train would move on railroads, thus only he needs one additional DoF to navigate. Figure 1 shows the circular navigation track, which is, located 10 units away from objects.

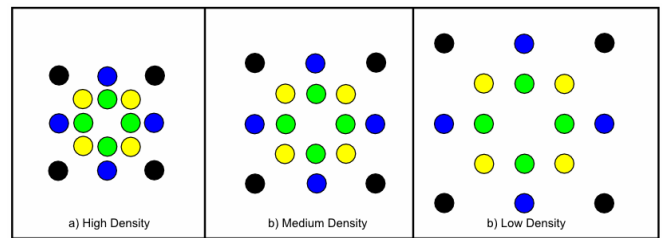


Figure 2. World densities we used. (left to right) a) high-density b) medium-density, c) low-density

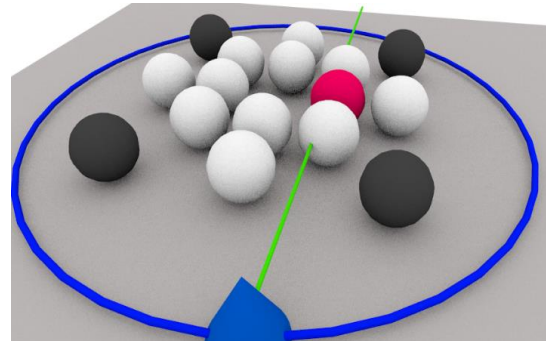


Figure 3 A user (blue cone) trying to select a target (in pink) using Ray-Casting

3.1 Simulation

We created an automated test environment to reproduce the use of selection techniques (Figure 4). Our simulator starts by positioning the user's viewpoint at a starting position of 0° on the navigation circle, then uses a selection technique to select targets. When the simulator could not select a target from its current position on the navigation circle, it navigates with a step of 10° and performs another attempt from there. We evaluated all four-selection techniques using the same scenario. The application chooses one target at a time from the 12 potential targets. Each time a new target is chosen, the simulator attempts to select it. The application chooses the next target once the simulator has successfully performed selection, or made a complete exploration around the world's objects without succeeding.

A common property of selection techniques we evaluated is that they are all pointing techniques. Our simulator sweeps out the area in front of the user's viewpoint, starting from a relative angle of 30° to an angle of 150° in the user's local space, with a step of 10° .

When running Ray-Casting, the simulator casts a ray from the position of the user toward the pointing direction. It performs a hit-test to capture the first object that the ray goes through, and compares this object with the target. For Depth Ray, every time the simulator points at a new direction, it moves a *depth marker*, a sphere of 0.5 units of radius, along the ray with a step of 5 units until it hits the end of the ray, while performing hit-tests along the way.

However, when running SQUAD mechanism, the simulator casts a ray and places a selection sphere at the intersection of the ray and the stand surface on which all objects were placed. The simulator sweeps out the environment with a step of 10 units. The sphere becomes bigger when the intersection point gets farther from the user's position to capture more objects, and gets smaller

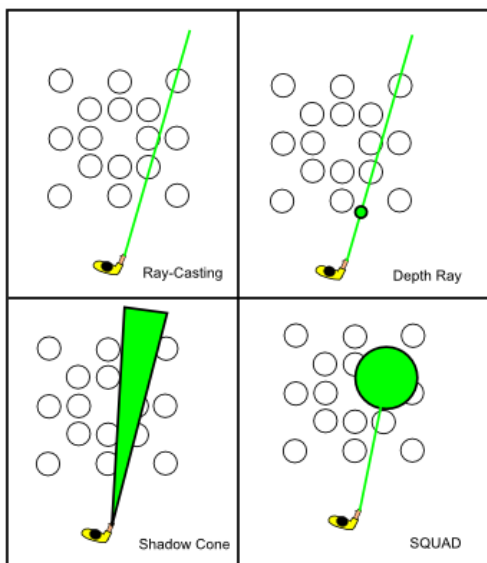


Figure 4. Selection tools of Ray-Casting, Depth Ray, Shadow Cone and SQUAD

when the intersection point is closer to the user's position, with a minimum radius of 10 units and a maximum radius of 30 units.

Finally, when running Shadow Cone mechanism, the simulator casts a cone with a base radius of 5 units. The simulator keeps a list of captured objects, and a blacklist of objects to not pick them out again. It starts pointing from the minimum to the maximum pointing angle until the target is inside the cone. Then it points further while checking if the target will still be inside the cone in the next step. If the target is about to get out of the cone, the simulator sweeps in the opposite direction until the target is about to be lost again. While pointing, each lost object is added to the blacklist, and each captured object that does not exist in the blacklist is added to the capture list. At the end of selection, only the target must remain in the list of captured objects.

3.2 Automated simulator versus real user

In a virtual environment that implicitly allows interactivity and where objects can be selected, many factors affect the performance of selection mechanisms and must be quietly included in the design of the virtual environment. We can classify these factors in two main categories: human factors and machine factors.

Performance of a human user can vary with the kind of provided interface. An interface that require more efforts can lead to powerlessness or tiredness, thus causing the user to make more mistakes and take more time to complete tasks. Moreover, such interfaces can be perceived by users as being tedious and unpleasant. Another example is the perception of depth in the 3D world; some users are more familiar with perspective projection and depth in 3D scenes than others.

In our study, we did not focus on human aspects of interaction. We evaluated the performance of disambiguation mechanisms from the point of view of selection algorithms used and the intrinsic aspects of each technique. For this purpose, we created automated agents that use each selection technique in an attempt to select targets. Our automated simulator behaves as closely as possible to a real user in the way that every action is continuous and has a cost. Continuity of actions means that the simulator

cannot "teleport" to a given location, instead, it moves with a predefined step. Also, the simulator could only perceive through the viewpoint of its virtual avatar represented by a cone (see Figure 3).

Our simulator may mimic the behavior of a "perfect" human user, however, this has no incidence in our study because we are more interested by the difference of performance between disambiguation mechanisms, rather than the absolute performance of each mechanism taken individually.

3.3 Implementation

We created a 3D virtual environment prototype that we used to create selection scenarios and evaluate performances of disambiguation mechanisms. The experimental software was written in C++ using OpenGL (<http://www.opengl.org/>) for 3D rendering and Bullet Physics (<http://bulletphysics.org/>) for collision detection. It ran under Microsoft Windows 8.1 64 bits on a personal computer with an Intel Core i5-3317U CPU at 1.70GHz and 4 Go of RAM. The frame rate was fixed at 60 frames per second.

3.4 Measurements

3.4.1 Completion time

We calculated the velocity of each selection technique by measuring the necessary time for the simulator to acquire targets. We assigned points for each user action during selection and navigation (see Table 2) and we measured the overall completion time using these points.

Table 2. Time cost for each user action

Action	Time Cost (points)
Pointing	20
Navigation	10
Depth Marker Movement	5
SQUAD Menu Selection	10

3.4.2 Distance traveled

Sometimes navigation is necessary to get a better angle at the target. Selection techniques that are sensitive to occlusion require navigation more than others. The best techniques are those that do not require navigation at all. The simulator navigates to a new position whenever it fails in selecting a target. We measured the traveled distance from the starting position (0° on the navigation circle) to the position where eventually the target was selected.

3.4.3 Distance to target

We evaluated the ability of each selection technique to select far-away targets by measuring the distance between the user's viewpoint and a target whenever the simulator acquired one.

We configured all selection tools so that they have equal chances to select targets at the other end of the environment: rays used by Ray-Casting, Depth Ray and SQUAD, and the cone used by Shadow Cone have a length equal to twice the radius of the navigation circle.

3.4.4 Hidden targets selected

We evaluated the sensitivity of each technique to occlusion by measuring the number of targets that were hidden from the user's viewpoint when they were selected.

4. Results

In this section, we present results of the simulation scenarios using selection mechanisms. We use the following abbreviations in figures: High Density (HD), Medium Density (MD) and Low Density (LD).

In this study, four performance factors are studied: velocity, distance traveled, distance to target and hidden target selected. Moreover, we focus on three density levels: high, medium and low, which present three genuine situations in a virtual environment. A repeated measures within-participant design was used.

We will report whether or not mechanisms are so fast to reach the target and therefore the acquired velocity within the completion time. We will also report the distance traveled and the distance to target, as metrics to evaluate which mechanism requires navigation more than others especially to select far-away objects. Furthermore, we will report how the studied mechanisms manage the occlusion problem by involving objects that are hardly discernible in appearance.

We will detail the performance factors and environment features in the discussion section.

4.1 Completion time

Average completion times of evaluated techniques are shown in Figure 5. SQUAD was the fastest technique ($p < .0001$), with an average cost of 128 points in heavy-density, 202 points in medium-density and 276 points in low-density.

Shadow Cone was the slowest technique, with a cost of 7538 points in heavy-density, approximately 58 times more than SQUAD ($p < .001$). However, Shadow Cone performed ~31% better than Depth Ray on average in low-density.

Shadow Cone was the only technique that took significantly longer in heavy density compared to itself in other densities ($p < .01$), with ~26.9% more time than in medium density, and ~53.15% more time than in low density. Ray Casting followed the same trend, with the exception that it was on average ~3.81% faster in high-density compared to medium-density.

Other techniques, on the contrary, performed better in heavy density when compared to medium or low density. Depth Ray was ~27.19% faster in heavy density compared to medium density, and ~45.56% faster in heavy density compared to low density. SQUAD followed the same trend, being ~53.62% faster in high density compared to low density, and ~36.63% faster in high density compared to medium density.

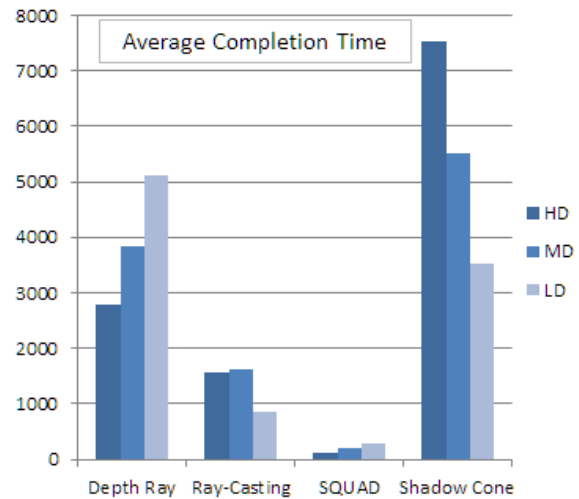


Figure 5. Average completion times in different densities

4.2 Distance traveled

We measured the distance that each algorithm traveled to successfully acquire targets. Figure 6 shows average distance traveled using each technique in different world densities. Depth Ray and SQUAD did not require navigation, with 0 distance traveled in all three-world densities.

Shadow Cone and Ray-Casting did require navigation. Shadow Cone performed worse than Ray-Casting ($p < .0001$), by an average of ~81.23% more distance in heavy-density, ~74.33% more distance in medium-density, and ~79.66% more distance in low-density.

Shadow Cone performed significantly better in lower densities compared to itself ($p < .03$), with a 47.56% difference on average between heavy and low density. Ray Casting performed 4.61% better on average in heavy density compared to itself in medium density, and it traveled almost half the distance in low density.

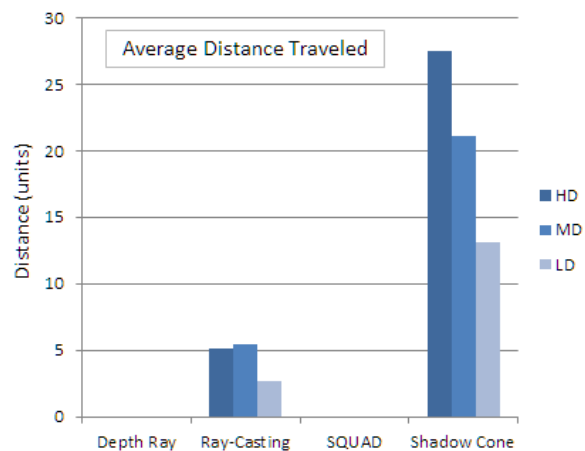


Figure 6. Average distance traveled in different densities

4.3 Distance to target

We measured the distance between the user and the target whenever a target was selected (Figure 8). SQUAD and Depth Ray performed similarly, with an average distance to target of ~27 units in heavy density, ~36 units in medium density and ~47.36 units in low density.

Ray Casting performed slightly worse than SQUAD and Depth Ray on average with ~7.34% less distance in low density, ~20.17% less distance in medium density, and 15.17% less distance in heavy density.

Of all techniques, Shadow Cone performed the worst ($p < .0001$), with a distance to target of ~8.44 units in heavy density, ~10.56 units in medium density, and 20.75 units in low density. The closest Shadow Cone could get to other techniques is in low density when compared to Ray-Casting in heavy density, where Ray-Casting performed ~9.25% better than Shadow Cone.

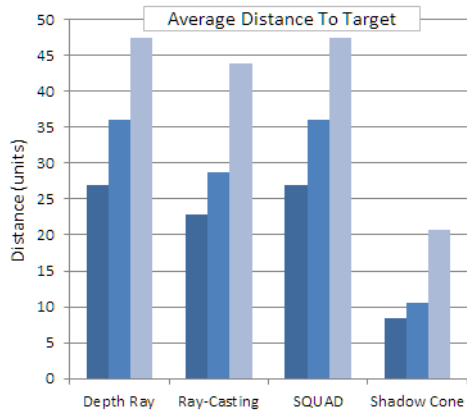


Figure 8. Average distances to target in different densities

4.4 Hidden targets selected

Figure 7 shows how many of the 12 potential targets our simulator successfully selected without a clear line of sight between the target and the user's viewpoint.

Depth Ray and SQUAD selected 7 hidden targets (58.33% of selectable objects) in all densities, Ray-Casting selected none, and Shadow Cone selected 1 target both in medium and low density, but none in heavy density.

5. Discussion

We compared the disambiguation mechanisms of Depth Ray, Ray-Casting, SQUAD and Shadow Cone. This study is part of an evaluation of disambiguation mechanisms for object selection; the main objective of the current evaluation is to find which techniques perform better in different situations. We varied the closeness of objects to each other, and the selection technique, while keeping the same world configuration, and the same selection scenario.

Our results show that SQUAD, a discrete progressive refinement technique, is the fastest. This result is partially due to the number of objects in our environment. In the worst case scenario, SQUAD would capture all 16 objects, including distractors, and the required number of steps in the quad-menu would be $\log_4(16) = 2$.

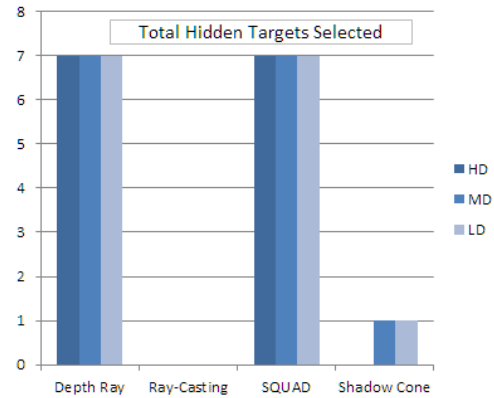


Figure 7. Total hidden targets selected in different densities

This is a rather small number, and we expect SQUAD to be slower with more objects. The velocity of the technique is also due to sphere casting performed on the plane supporting objects; it allowed the simulator to capture hidden targets without additional navigation. Moreover, the fact that the sphere got bigger at longer ranges helped capturing more objects.

Shadow Cone is also a progressive refinement technique, but it performed worse than the other techniques. It was the slowest due to the heavy amount of pointing it required, and because it required more navigation than the other techniques. The technique also required the user to be closer to the target. The refinement of Shadow Cone could be more effective with a shorter cone. Additionally, we believe that navigation could be advantageous during the selection process, not as an alternative solution when the selection fails.

Ray Casting was faster than Depth Ray and Shadow Cone, due to the fact that it uses a one-step selection relying on a closest distance heuristic. Ray-Casting's completion time was mainly spent navigating around the world to get a better angle at the target. This is due to the fact that Ray-Casting is very sensitive to occlusion and cannot select hidden targets.

Depth Ray was not as fast as SQUAD. Both techniques did not require navigation; Depth Ray's longer completion time was due to the movement of the depth marker. SQUAD's sphere casting was faster. The instant projection of the sphere was the reason why SQUAD was faster than Depth Ray. In our implementation of Depth Ray, the depth marker moves with a constant velocity. A direct mapping between the user's input device and the position of the depth marker could make the technique of Depth Ray faster. However, SQUAD's assumption is that objects are placed on a platform, like shelves in a grocery store, this is not usually the case of virtual objects in general as they can be floating in the air or placed randomly around the world. Even though Depth Ray and SQUAD had different completion time, both techniques were faster when the objects in the world got closer to each other.

Depth Ray and SQUAD augment traditional ray casting by adding a 3D cursor to the pointing metaphor, they performed better than cone casting or traditional ray casting itself. The 3D cursor in Depth Ray is a depth marker constrained to the length of the ray, while for SQUAD it is a sphere centered at the intersection of the ray with a horizontal surface. Depth Ray and SQUAD had the best overall performances in our study. Table 1 shows that both techniques require at least 5 DoFs, and have different disambiguation contexts: Depth Ray works in the virtual world while SQUAD creates a different context represented by a quad menu. Also, Depth Ray keeps a static selection tool shape while

SQUAD dynamically changes it. Our findings prove that the performance of a selection technique does not depend on disambiguation context nor on the behavior of the selection tool's shape.

6. Conclusion

We performed an automated evaluation of four disambiguation mechanisms used in Ray-Casting, SQUAD, Depth Ray and Shadow Cone using scene simulation within different levels of object's densities. The techniques proposed in the literature have different performances according to the situation presented to users; each disambiguation mechanism has its advantages and limitations. Instead of looking for the perfect mechanism, we could create a smart selection technique that would adapt its disambiguation mechanism to the situation presented to the user, maximizing effectiveness, ease of use, and efficiency of disambiguation.

In our study, we focused mainly on manual disambiguation; we plan to evaluate more disambiguation mechanisms in the future from manual, heuristic and behavioral approaches. Disambiguation is one of several aspects of selection technique; other aspects like user interface and control-display ratio are also important and can affect performances. We plan to perform a user study to explore further aspects of selection such as display of objects and user interface as well as their influence on velocity and occlusion management.

7. REFERENCES

- [1] ARGELAGUET, F. and ANDUJAR, C., 2013. A survey of 3D object selection techniques for virtual environments. *Computers & Graphics* 37, 3 (5//), 121-136. DOI=<http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2012.12.003>.
- [2] DANG, N.T., HONG-HA, L., and TAVANTI, M., 2003. Visualization and interaction on flight trajectory in a 3D stereoscopic environment. In *Digital Avionics Systems Conference, 2003. DASC '03. The 22nd, 9.A.5-91-10 vol.92*. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/DASC.2003.1245905>.
- [3] DEBARBA, H., GRANDI, J., MACIEL, A., NEDEL, L., and BOULIC, R., 2013. Disambiguation Canvas: A Precise Selection Technique for Virtual Environments. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, P. KOTZÉ, G. MARSDEN, G. LINDGAARD, J. WESSON and M. WINCKLER Eds. Springer Berlin Heidelberg, 388-405. DOI=http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-40477-1_24.
- [4] FEINER, A.O.S., 2003. The flexible pointer: An interaction technique for selection in augmented and virtual reality. In *Conference supplement of ACM symposium on user interface software and technology*, 81-82.
- [5] FORSBERG, A., HERNDON, K., and ZELEZNIK, R., 1996. Aperture based selection for immersive virtual environments. In *Proceedings of the Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology* (Seattle, Washington, USA1996), ACM, 237105, 95-96. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/237091.237105>.
- [6] GROSSMAN, T. and BALAKRISHNAN, R., 2005. The bubble cursor: enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area. In *Proceedings of the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Portland, Oregon, USA2005), ACM, 1055012, 281-290. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1054972.1055012>.
- [7] GROSSMAN, T. and BALAKRISHNAN, R., 2006. The design and evaluation of selection techniques for 3D volumetric displays. In *Proceedings of the Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology* (Montreux, Switzerland2006), ACM, 1166257, 3-12. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1166253.1166257>.
- [8] HAAN, G.D., KOUTEK, M., and POST, F.H., 2005. IntenSelect: using dynamic object rating for assisting 3D object selection. In *Proceedings of the Proceedings of the 11th Eurographics conference on Virtual Environments* (Aalborg, Denmark2005), Eurographics Association, 2386013, 201-209. DOI=http://dx.doi.org/10.2312/egve/ipt_egve2005/201-209.
- [9] KOPPER, R., BACIM, F., and BOWMAN, D.A., 2011. Rapid and accurate 3D selection by progressive refinement. In *3D User Interfaces (3DUI), 2011 IEEE Symposium on IEEE*, 67-74.
- [10] LIANG, J. and GREEN, M., 1994. JDCAD: A highly interactive 3D modeling system. *Computers & Graphics* 18, 4, 499-506.
- [11] MINE, M., 1995. *Virtual environments interaction techniques. Technical Report TR94-018*. University of North Carolina at Chapel Hill.
- [12] OLWAL, A., BENKO, H., and FEINER, S., 2003. SenseShapes: Using Statistical Geometry for Object Selection in a Multimodal Augmented Reality System. In *Proceedings of the Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2003), IEEE Computer Society, 946836, 300.
- [13] SCHMIDT, G., BAILLOT, Y., BROWN, D.G., TOMLIN, E.B., and SWAN, J.E.I., 2006. Toward Disambiguating Multiple Selections for Frustum-Based Pointing. In *Proceedings of the Proceedings of the IEEE conference on Virtual Reality* (2006), IEEE Computer Society, 1130537, 129. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/vr.2006.133>.
- [14] STEED, A. and PARKER, C., 2004. 3d selection strategies for head tracked and non-head tracked operation of spatially immersive displays. In *8th International Immersive Projection Technology Workshop*, 163-170.
- [15] STEINICKE, F., ROPINSKI, T., and HINRICHS, K., 2005. Multimodal Interaction Metaphors for Manipulation of Distant Objects in Immersive Virtual Environments. In *WSCG (Short Papers)*, 45-48.
- [16] STEINICKE, F., ROPINSKI, T., and HINRICHS, K., 2006. Object selection in virtual environments using an improved virtual pointer metaphor. In *Computer Vision and Graphics* Springer, 320-326.
- [17] WONNER, J., GROSJEAN, J., CAPOBIANCO, A., and BECHMANN, D., 2012. Starfish: a selection technique for dense virtual environments. In *Proceedings of the Proceedings of the 18th ACM symposium on Virtual reality software and technology* (Toronto, Ontario, Canada2012), ACM, 2407356, 101-104. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2407336.2407356>.
- [18] WYSS, H.P., BLACH, R., and BUES, M., 2006. iSith - Intersection-based Spatial Interaction for Two Hands. In *Proceedings of the Proceedings of the IEEE conference on Virtual Reality* (2006), IEEE Computer Society, 1130531, 123. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/vr.2006.93>.

IPO y Videojuegos

Continuous Assessment in Educational Video Games. A Roleplaying approach

J. R. López-Arcos
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034665233579
jrlarco@ugr.es

F. L. Gutiérrez
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958242812
fgutierr@ugr.es

N. Padilla-Zea
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958241717
npadilla@ugr.es

N. Medina Medina
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958240634
nmedina@ugr.es

P. Paderewski
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958243178
patricia@ugr.es

ABSTRACT

Evaluating competency-based learning requires a continuous assessment process which enables the skills and capabilities that students develop to be detected. Using video games allows a great deal of information to be recorded and merged effectively, which makes them an advantageous option in assessing this kind of learning. Consequently, in this paper we present a design process for educational video games to enable learning and assessment on the basis of competencies. In addition, a mechanism to assess education and games is presented, which allows feedback to be given to students in a similar way to role-playing games, as well as informing the teacher about the learning progress of players. Both proposals have been applied to a video adventure game designed to foster the competency of reading comprehension.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education – *Computer-assisted instruction (CAI), computer-managed instruction (CMI)*.

General Terms

Design, Human Factors, Theory.

Keywords

Educational video games design, digital storytelling, continuous assessment, game-based learning.

1. INTRODUCTION

One of the most important elements in any learning process is evaluating the students' learning. Through evaluation, the effectiveness of the learning process and the learning impact are analyzed. Evaluation processes have to be oriented to improving learning achievement, both for students and for teachers [1]. One of the most difficult aspects in this sense is obtaining individual feedback, which has to be received as meta-knowledge by students, but as analysis to teachers, in order to allow them to act appropriately.

Since the 1990s, the use of *competencies* as a theoretical framework has grown in conjunction with new ways of managing educational processes, learning processes and student assessment [2]. Competencies can be understood as the knowledge, skills and abilities developed by a person to understand, transform and practice in his/her environment.

Although many definitions exist, *competencies-based learning* is intended to teach student knowledge to be applied with sufficient quality in activities and problems, as well as to increase understanding, and the ability to contextualize and analyze actions within the boundaries of an ethical commitment.

This learning framework thus fosters the acquisition of *skills and abilities* and the improvement of *attitudes* such as creativity, collaboration, problem resolution or group work, which are needed to solve problems in any specific knowledge area. In this context, assessment systems have to adapt themselves to this kind of learning and provide an integral view of the student learning process. This view has to reflect the student's progress and personal development, focused primarily on what he or she knows how to do and what attitude he or she has when faced with problems. Consequently, assessment should be focused more on the process than on results.

When video games are utilized as educational tools we also have to pay attention to the assessment process. One of the benefits of using video games is that we can improve the feedback received from students and customize it as more information can be recorded unintrusively and implicitly. This information can be shown after having been adapted to the learning process taking place in the video game.

In particular, using video games produces several important advantages related to student assessment, such as:

- It reduces the stress and anxiety associated with traditional assessment processes since it is radically different from the strict assessment mechanisms of traditional classrooms.
- It increases concentration and student attention. These characteristics are usually reduced during traditional assessment processes. By contrast, due to the way in which

video games are designed, these characteristics are encouraged.

- It offers immediate assessment with direct feedback both for students and for teachers.
- The video games and the assessment are defined in a particular environment in which the experience of the students/players is without negative consequences.

In the case of competencies-based learning, assessment becomes highly complex as it is inherently a *continuous assessment* process. Each competency is defined jointly with a set of *criteria and evidences* which allow the evaluation of students' competency development. These criteria will be taken into account in any of the learning actions developed by students since all of them will have some influence, on the set of abilities he will have to learn in the game.

As a consequence of the previous statement, we can conclude that a video game design has to pay attention to the integration of the educational competencies to be learnt and the fun activities in the game. For example, if a game challenge is overcome by a student, we can assume the abilities related to that challenge have been improved. Of course, to assume that, the challenge has to be assessed under the criteria defined for these competencies. In addition, we need to specify how much the competency performance is increased in relation to the score obtained in the game.

In this paper, our goal is to facilitate the integration of competencies-based learning into educational video games. In particular, we are focused on video game design and the incorporation of the continuous assessment of competencies in game dynamics, while maintaining playability.

In the next section we present the state of the art on using video games in educational assessment processes. Then, we describe the proposed video game's design process. In Section 4, starting from the previously cited design process, we propose an algorithm to evaluate the learning process and we describe the relationship between activities in the game, the learning contents and competencies. In order to facilitate the integration of an assessment process into a video game, we present the use of a metaphor based on characterization techniques in role-playing games. In section 5, a graphic-adventure video game integrating competencies-based learning is presented. Finally, we outline some conclusions and further works.

2. ASSESSMENT USING VIDEO GAMES

Assessing learning is a critical aspect when learning is mediated by video games. How important it is to assess while players are playing is highlighted in [3], which means that the assessment process must take place during the game itself. Some authors state that dynamic feedback in a game-based learning environment implies a confident and valid assessment [4]. Other authors [5] distinguish three kinds of assessment to be carried out in game-based learning environments: 1) game scoring: players achievements or obstacles overcome while playing; 2) external assessment: this is not part of the game itself but is performed separately by tests, knowledge maps or causal diagrams, and results from multi-select questions; and 3) embedded assessment: the game is not interrupted and assessment is performed in parallel. Many data about player performance are obtained and recorded while he is playing.

Ifenthaler et al. [4] indicate that one of the current challenges is "game-based intelligent assessment", which would consist of assessment taking place within the game and the environment changing depending on the player's answers. Other authors agree with this vision. In [6], after carrying out an interesting literature review regarding the effectiveness of serious games in education, the authors conclude that future research into the serious games or educational video games field could be oriented in two directions: characterizing player performance and better integration of assessment into the game. They suggest that assessment should be part of the game logic. This assessment, which would take place during the game, is less intrusive and more natural since it would not interrupt the player experience. As will be shown later, we agree with this proposal.

In a similar manner to our own work, other authors [7] work on relating learning and game mechanics in serious games. Arnab et al. [7] opine that, although a consensus on the didactic potential of serious games exists, there is still a lack of methodologies and tools to design and to support analysis and assessment. One of the most important aspects is related to the question of how to translate learning achievements into game mechanics, which are directly related to player actions. These authors propose a "Learning Mechanics-Game Mechanics" (LM-GM) model which supports the analysis and design of serious games because it allows several pedagogic and game aspects to be reflected.

3. METHODOLOGY TO DESIGN VIDEO GAMES

Educational video games found in the scientific literature usually lack an appropriate balance between educational and fun content [8]. When educational content is too evident, students quickly detect that what they are facing is not a video game as they would normally play. On the other hand, when fun content is the priority, the educational content is often lax and, sometimes, can be avoided without preventing the player from continuing to play and, consequently, without learning.

A way of achieving the necessary balance is to provide teachers and game developers with a design process to allow a consensus to be reached on educational and fun content. With this aim, we here present a specific iterative design process for educational video games. This design process has the following characteristics [8]:

- It takes into account both educational and recreational aspects by establishing a relationship between them which allows both components to be balanced and the learning quality achieved to be assessed.
- It defines a basic set of artifacts for each of these aspects, educational and recreational, as well as the information needed to model each of them.
- It establishes a systematic process to define the educational video game components by specifying when to incorporate each design element.
- It formally establishes relationships existing between different elements and facilitates the definition of each of those relationships.

Concretely, this design process is divided into three phases: 1) educational content design, as the first step to building the video game on the basis of the knowledge being taught or trained; 2)

recreational content design, including a set of activities to support the educational content, as well as other specifically recreational activities to reinforce playability; and 3) defining relationships between educational and recreational contents.

This division into phases allows the complex problem of game design to be divided into a set of systematic steps of a more manageable size. Additionally, in our most recent work [9], we propose including a narrative component in accordance with the genre of the video game to be designed. Since storytelling is a motivating element and guides learning, structuring it strongly allows the designers to define explicit relationships between the story pieces, educational and recreational contents.

3.1 Educational Content Design

In this phase, educational contents to be included in the game are defined. An educational team is in charge of producing them: Teachers, pedagogues, etc. We use two different kinds of educational content: knowledge and competencies. In an educational video game we can find one or both of them.

In order to build the set contents, the first activity is to define the educational items, conforming to the *Educational General Dictionary* (EGD) which, amongst other benefits, will provide homogeneity, allowing the contents to be reused and assessed.

First of all, Knowledge Areas will be defined, which will allow content to be grouped in a similar way to that used by subjects or departments. Then, the Educational Goals will be defined as milestones which the students have to achieve. Each Goal will be linked to a main Knowledge Area although other Knowledge Areas could be worked transversally. One Goal can be divided into sub-goals and each goal or sub-goal requires Educational Tasks to be overcome. These Tasks can be associated with one or more Goals in the same Knowledge Area and they can also be divided into Sub-Tasks. The Sub-Tasks in the last level are called Educational Activities and they allow specific skills or abilities to be worked on. If we were to represent it graphically, we would have an Educational Goals and Tasks tree.

To define Competencies we will build another tree. The first step will be to define a set of Competencies to be achieved. Associated with each Competency, we can find a set of Sub-Competencies, which specify some aspects of the general competency. In the lowest level we find Competency Elements, which will be the set of actions that students are able to perform and which will show the competency achievement in the learning context.

3.2 Recreational Content Design

Game design is undertaken based on the information obtained in the previous section. To maintain the homogeneity of the process and to facilitate the relationships between educational content, recreational content and storytelling [9], the recreational and educational aspects are structured similarly.

The first activity will be to define the Game Model. This activity will be performed by teachers and game designers jointly. They will decide what genre the game will be, according to the educational content to be included, the device on which it will run and multi-player features.

Then, game developers build the General Video Game Dictionary (GVD), which includes: Video Game Challenges (equivalent to Educational Contents or Competencies), which will be overcome by means of a set of Video Game Stages (Educational Tasks or Sub-Competencies) and Video Game

Levels (Educational Activities or Competency Elements). In addition, Recreational Itineraries could be defined to adapt stages and levels to player characteristics.

3.3 Relating Educational and Recreational Content

In this phase, teachers and designers detail the relationships existing between the content at both levels, determining the assessment process to be performed by means of the video game. These relationships will be established between leaf nodes in each of the levels. Thus, both Educational Tasks and Competency Elements will be able to be related to Recreational Stages and Levels. In both cases, this relationship indicates that activities performed in the game are intended to teach, train or develop the associated educational content (knowledge or competency). For that reason, the score obtained in an activity in the game will allow the quality of learning to be determined, the evaluation of which is carried out implicitly. This relationship is known as *Implementation*.

Every leaf element at the Educational Level in the active Itineraries has to be associated with Video Game Stages or Levels; but Video Game Stages or Levels can be left without any association in order to maintain playability and fun in recreational activities, which are very important for the video game to be successful.

3.4 Assessment in an Educational Video Game

Assessment in a learning process is performed while the player is playing. As long as the recreational goals are overcome (which correspond to challenges and stages in the game) we can assume the educational goals are learnt (which correspond to the interrelated educational content). The relationship between both levels is very important as: 1) it facilitates the integration of the educational and recreational aspects in a transparent way for players and 2) it greatly facilitates the assessment of the educational process.

4. IMPLANTATION OF A CONTINUOUS ASSESSMENT SYSTEM IN AN EDUCATIONAL VIDEO GAME

One of the most important problems encountered in integrating (educational) continuous assessment into a video game is how to do so transparently for players, while allowing continuous feedback on their progress in order to foster self-improvement during the game.

In order to make this process easier we propose the use of characterization mechanics and character management such as role-playing games do. In this kind of game, characters (Figure 1) are defined by a set of attributes or variables which are shown in measures of its features, such as strength, intelligence, personality, appearance, size, speed, etc.

Throughout the game, it is possible to modify these features according to the actions and challenges overcome by a player. In addition, measures associated with features are usually discretized in such a way that a player can increase their levels and this allows him/her to obtain new skills and abilities. In this way, he/she can face new kinds of challenges and new paths in the game are discovered.



Figure 1 Character definition in the role-playing game “Might and Magic IX”

The concept “skill” is also included in role-playing games. This concept pertains to characterizing actions that the player can undertake rather than characterizing the player himself. Skill modification systems are usually based on assigning increases or decreases to values according to specific actions or decisions made by the player. Some randomness is also included.

Our proposal is based on including a character characterization mechanism in the video game, similar to that used in role-playing games, which has two aspects: 1) the educational aspect, in which competencies to be assessed during the game are defined; and 2) the recreational aspect, whereby character characterization in the game world is defined, including parameters such as potency, strength, energy or whatever else may be appropriate for each game).

In competencies-based learning, we can talk of *performance levels*. The performance level is the grade at which a student, by using his skills, attitudes and abilities, is able to use an acquired knowledge to solve a problem in different situations. To assess how well the student acquires a specific competency we have to analyze what learning activities he performs: solving problems, exploring contents, collaborative activities, etc. The performance level for a competency is modified depending on the relationship that the activities performed have to each competency element. This assessment can be very complex, especially when a competency needs to be worked on at several stages in the game and, in addition, these stages are not sequential, but placed throughout the various challenges.

In an educational video game designed under our video game design process, a player will do activities in the game according to the recreational challenges and stages previously specified in the video game tree. When this player finishes these activities, the levels associated with competencies and competency elements are increased according to the relationships specified between the educational and recreational trees.

In the game, we maintain two scoring systems: 1) an *educational scoring system*, which manages the levels obtained by the player in the set of competencies assessed during the game; and 2) a *recreational scoring system*, which is similar to the one used in role-playing games to characterize the player.

Maintaining a recreational scoring system highly related to the challenges and stages in the game is very important in order to allow the player to understand that he/she is receiving feedback

only on how well or badly he/she is playing. In this way, immersion in the game world is more easily maintained. We must remember that some activities in the game are only for fun and thus neither influence the educational assessment nor the educational scoring.

In most cases, the player has only to see the recreational scoring, maintaining the educational scoring in the player model. This information will be accessible for teachers in order to analyze educational progress.

As previously mentioned, both educational and recreational goals are represented by trees. In this case, we are focused on a competency-based assessment. Each recreational task can be related to one or several educational competencies. Given a recreational task T1, linked to a competency Ca, several daughter recreational sub-tasks influence that competency assessment. In order to perform the previously described assessment, the process is:

1. A monitoring mechanism is activated to register any student relevant action intended to assess sub-tasks in T1 (T11, T12,..., T1n).
2. When the student finishes one of those sub-tasks T1x:
 - If this sub-task cannot be decomposed further: the scoring obtained in the competency elements associated with this sub-task is recorded.
 - If this sub-task can be decomposed into more recreational sub-tasks: 1) scoring obtained in the competency elements associated with this sub-task is recorded and 2) the algorithm is recursively started to assess the competencies associated with T1x.
3. If every sub-task T11,..., T1n have been completed, the assessment rule previously defined to relate the competence Ca and the task T1 is applied.

That way, we will have recreational tasks which will be assessed on the base of themselves but others will require information from lower levels in the tree. This implies monitoring the player activity over different moments in the game in order to be able to assess the process followed to complete a recreational task, which could be linked to a competency. An intuitive way of implementing this assessment method consists of using predicate rules.

5. CASE STUDY

Next, we present a case study in which the two proposed methodologies (design and evaluation) have been applied. It is an educational video game that fosters the competency of reading comprehension. This video game is a graphic-adventure based on the story described in Section 5.1 and is oriented towards children in the second year of primary school, whose ages are between 8 and 9. As discussed in Section 5.2, the educational sub-competencies that are worked on in the game are: literal comprehension, interpretive comprehension, critical comprehension, global comprehension and metacomprehension.

5.1 Video Game Design

The story of the game is based on two very different disciplines: first, History as a science that studies the past of humanity and, on the other hand, Science Fiction as the only feasible projection of events in an imaginary world. Thus, student work will mix

methods of social science and knowledge of the environment with less rigid methods of the creative process.

As expected, the hero of our story is the student, and the starting point is a scholarly excursion to the Alhambra, a palace and fortress complex located in the city of Granada. In this monument, the protagonist will encounter a talking lion (embedded in the famous fountain of Patio de los Leones) that will be recognized as "The Chosen". When he passes a little test, the lion will show him a secret door that will lead him to a character called "Guardian of Time".

Through the Guardian of Time, our protagonist will discover a terrible reality: aliens are invading the past of humanity to cage the most important personalities and extract their knowledge in an "unfriendly" form. Their goal is simply to clone our planet, but this may imperil the past, present and future existence of the planet Earth.

Thus, the student is immersed in a succession of time and space travel led by the aliens themselves and in which every step will aim to achieve a clear objective: to free the historical characters held prisoner in exchange for providing the aliens with the knowledge of Earth that they need: important inventions, valuable objects, procedures, etc.

The story is designed taking into account the educational and recreational tasks, but giving the whole a narrative structure. Therefore the story maintains a classical structure of chapters, sequences and scenes. Figure 2 shows a GDD extracted diagram with the facts or events that happen in a particular scene of the initial part of the video game. In this scene the player must prepare the avatar backpack with objects necessary for hiking. As can be seen, the order of events may change depending on the player's decisions.

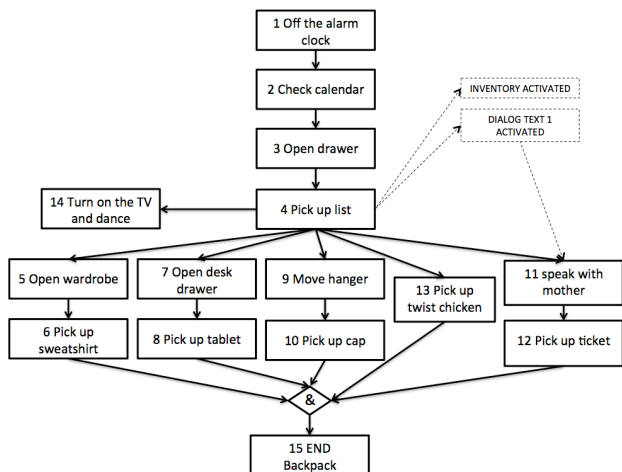


Figure 2. Diagram of the narrative component of a particular scene.

The facts of the player in the story correspond to the game's recreational tasks which in turn are related to the specific educational tasks. However, this structure based on scenes is not appropriate to implementing the evaluation, as tasks related to a particular goal can be distributed over several different scenes.

To represent the structure of educational and recreational tasks in order to facilitate the evaluation process, we propose the inclusion of the GDD diagrams such as that shown in Figure 3. This diagram is focused on recreational tasks that the player

must complete in the part of video game that takes place in the Alhambra. Figure 3 shows a specific recreational task: the test, according to the story, in which the Lion of the Alhambra poses a task of the player ("Give the photo to the lion"). The diagram is based on achievements (eg "Get Photo") and each task in the game is labelled with the element of competency (eg CG.1) with which to collect (providing punctuation) or evaluate (inferring score) data from the player's actions.

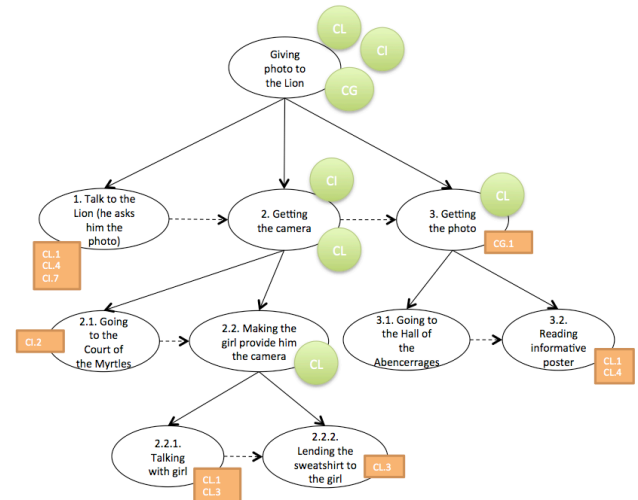


Figure 3. Particular task and educational competencies to assess.

5.2 Proposed Evaluation Mechanism

5.2.1 Educational competencies and character abilities

Regarding the user model, there are two views on the evaluation or rating of the player: First, the score of the educational content acquisition (competences) achieved by the player. This is intended for the evaluator. Second, the evolution of the avatar or the score that is fully oriented to the recreational aspect of the game, which the player is presented with as the development of skills that will allow the character to advance in the game.

In this video game the educational score is based on the player *sub-competencies* that the video game attempts to quantify: literal comprehension, interpretive comprehension, critical comprehension, global comprehension and metacomprehension. Each of these sub-competencies is represented by a score which increases with the learning progress of the player. The assessment system that accompanies this representation is presented in the following section.

To represent the player's progress in the video game, the characteristic of role playing games that provides the character with a set of abilities has been applied in this graphic-adventure. In particular, we have defined the following *abilities of the character*, which are shown graphically to be associated with the player, as shown in Figure 4:

- Espionage. Observation capacity. Describes the ability to find objects and clues in scenarios.
- Astuteness. This increases each time a task is solved in the video game.
- Agility. Speed in solving puzzles (Tasks).

- Discretion. This ability increases if the player is able to solve the tasks without being caught by other characters that we can describe as "enemies".
- Memory. The player remembers past data.
- Questioning. This is the capacity for dialogue, conversation and communication. Talking and listening to other characters in order to obtain information.

In addition to the abilities described, the player has a certain amount of *Energy*. The player can choose to use up some of that energy in order to get help during the game. In such cases, the game highlights the elements of the scene with which the player must interact in order to progress. The player can then recover lost energy by finding certain items hidden in scenarios.

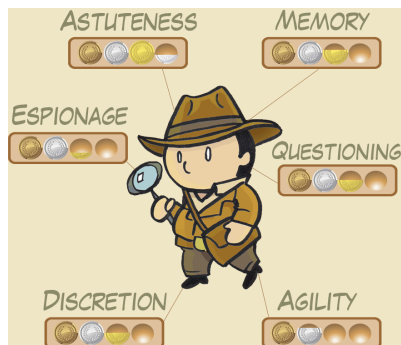


Figure 4. Character abilities. The medals show the progress of the avatar.

During the game, the player will perform different actions or tasks. Completing each of these actions increases the level of one or more character abilities. We use medals to represent this increase in level for each ability (Figure 4). This progress in the game is interpreted as an increase in player skill, and therefore, the game should take this skill gained into account and increase its difficulty. For example:

1- If the overall level of the character increases, less elements that recover *energy* will appear on the scene, therefore, it will be more difficult to recover lost energy after calling for help and the player will be more cautious in its use.

2- *Hot spots* are the elements of each scenario of the game with which the player can interact. The espionage (observation) ability of the character is increased when the player finds those elements but the interaction with other parts of the scenario that are not relevant penalizes this ability. *Hot spots* are always highlighted at the start of the game but with increasing espionage ability cease to be highlighted. This makes it more difficult to find the interactive elements and so, the ability required increases. The use of *Energy* to find these objects also penalizes the ability espionage (the level is not increased when it is employed).

It is noteworthy that, although the character and educational abilities are treated separately, some are nevertheless related. Both scores increase when the actions in the game related with that skill are performed. Therefore, there may be a semantic relationship between some of them. For example, achieving something in the game through dialogue with a character provides a breakthrough in the ability of the character *Dialogue*, but also awards points for *Critical Comprehension* capacity. Nevertheless, in many cases the skill level of the character

increases and not the capacity of the educational aspect or vice versa, because their goals are different: the character abilities are related to the recreational aspect and the competencies are related to the educational aspect.

Regarding the allocation of educational content, and in particular the choice of educational sub-competencies to be assessed in each recreational task, it is interesting to mention that everything does not always have to be evaluated. That is, although it is possible to assess or collect information from a multitude of sub-competencies in a recreational task, assessment should focus only on the specific sub-competencies for which this task has been designed. The appropriate procedure for design is to choose one or more sub-competencies and design a recreational task that works with them and allows them to be assessed.

The motivation for restricting the assessment in this way lies in the observation of the following facts: 1) The identification of all educational sub-competencies that can be trained in each recreational task and defining an evaluation rule for each of them is an arduous task for the designer when working with a large video game. 2) The collection of a lot of data provides information that is too insignificant that militates against a focus on the most interesting data of each task.

5.2.2 Application of the algorithm of evaluation of educational competencies in a particular puzzle

In the following, the evaluation of some educational sub-competencies of a video game is described. In this case, we focus on a task that we describe as "Give the photo to the Lion" and the specific sub-competencies that are evaluated are: literal comprehension (CL), interpretive comprehension (CI) and global comprehension (CG). These sub-competencies are implemented in the elements of competency: CL1 (*Comprehension of literal data*), CL3 (*Select specific data from several options*), CL4 (*Identify elements or phrases that summarize the essential content of a text*), CI2 (*Apply prior knowledge to make assumptions and predictions*), CI7 (*Justify the inferences made with simple explanations*) and CG1 (*Understand the information globally and in an interrelated manner*). And, as shown in Figure 3, the work with the elements of competency is distributed throughout the game's sub-tasks which hang from the node representing the task "Give the photo to the Lion".

When such a recreational task is initiated (i.e., when the player receives information indicating that it must be completed), a set of agents that collect data on each of the sub-tasks involved in the evaluation are activated. These data are the time used to complete the task, the number of useful actions that the player does to resolve it or the number of actions that are not useful.

More specifically, and as can be seen in Figure 3, it is necessary to collect data and evaluate the sub-tasks in order to assess the competencies of the related tasks: 1. Talk with the Lion, 2. Obtain camera and 3. Get the photo. Therefore, the steps in the algorithm are as follows:

- Step 1: Assess the specific sub-competencies CL and CI related with the task 1: CL.1 (*Identify the name of the Abencerrages Room*), CL.4 (*Identify the specific task entrusted to him*) and CI.7. (*Correctly answer to why the challenge has been solved*).

In sub-task 2, a score of CI and CL competencies is also obtained. Specifically, the sub-tasks of the lower level, 2.1

and 2.2, which the player must first solve, should be evaluated (steps 2, 3, 4 and 5).

- Step 2: Assessing the sub-task 2.1. In this case, a score is given to CL.2. (*The player goes straight to the Patio de los Arrayanes (Court of the Myrtles) because he remembers that there was a girl there with a camera.*)

To obtain a score of competency CL, we must evaluate (infer) in sub-task 2.2 the scores of the sub-tasks 2.2.1 and 2.2.2 which must have been completed previously (steps 3 and 4).

- Step 3: Assigning points to elements of the competencies CL.1. (*Understanding that he/she should get the camera and therefore must interact with the girl who has it*) and CL.3. (*Choose to talk to her and the appropriate options in the dialog*) depending on the success of the player's actions to resolve the sub-task 2.2.1.
- Step 4: Assigning points to the element of competency CL.3 (*Decides to give the girl sweatshirt in exchange for the camera*) depending on the success of the player's actions in resolving the sub-task 2.2.2.
- Step 5: Inferring the scores obtained in 2.2.1 and 2.2.2 together with the data collected by the listener agents of the sub-task 2.2 for assigning points to sub-competency CL.
- Step 6: Inferring the scores obtained in 2.1 and 2.2 together with the data collected by the listener agents of the sub-task 2 for assigning points to sub-competencies CL and CI.

To obtain a score of the sub-competency CL, we must evaluate the sub-task 3 using the scores of the sub-tasks 3.1 and 3.2 which the player must have previously solved (steps 7 and 8).

- Step 7: Sub-task 3.1 does not collect any specific element of competency.
- Step 8: Assigning a score to the elements of the competencies CL.1. (*Understanding the instructions about the use of his/her tablet to read the poster and then carrying them out*) and CL.4. (*The time the player takes to take the photo after reading the poster is recorded because the necessary information to know that it should be done in that room is in the poster*), depending on the success of the player's actions in resolving the sub-task 3.2.
- Step 9: Inferring the scores obtained in 3.1 and 3.2 together with the data collected by the listener agents of the sub-task 3 and, together with the score given to the element of competency CGI, (*Obtaining photography requires a lot of environment information and that process can be monitored*), giving a score for the sub-competency CL.
- Step 10: Inferring the scores obtained in 1, 2 and 3 together with the data collected by the listener agents of the task "Give the photo to the Lion" to give a score for the sub-competencies CL, CI and CG.

Using this simple algorithm, we can monitor the player's learning while performing a task of the game. In addition, each of the sub-competencies worked on has been given a certain

score depending on many factors that are related to the effectiveness of the player in solving this task.

In parallel with the evaluation described, along with solving the task, the game raises the levels of certain character abilities in order to offer the player feedback on their progress.

6. Conclusions and future work

The use of video games as an educational tool opens new possibilities in the classroom. One is the integration of a competence-based learning process within a set of educational tasks that are immersed in the game with the advantages this generates, especially at the level of students' motivation.

When a competence-based learning process is designed, it is important to define an evaluation system that takes into account criteria and evidence to evaluate the progress that the student is making during the realization of learning activities. For skills, evaluation becomes a very complex process due to the need for continuous assessment whereby every action taken by the student may contribute in some way to the competences assessed.

The integration of teaching and assessment within the video game is complicated and, in many cases, can lead to building games with low levels of gameplay, in which students lose interest quickly. This paper has presented an extension of our design methodology for educational games with the main aim of incorporating the concept of competence in terms of structure and design, as well as mechanisms to facilitate the subsequent assessment of these skills during the game.

To reduce the impact of integrating the evaluation system into the video game, the typical metaphor used to characterize characters in role games can be used. In this metaphor, the character has a number of features that measure the progress and skills that can be performed throughout the game. Specifically, a double scoring system has been proposed, which allows the system to control the evaluation for the educational and the playful part in an integrated manner. This implies the better immersion of the player in the game world.

To illustrate the proposal, a graphic adventure game has been presented. This video game has been designed to improve reading comprehension and includes the scoring and assessment system described in the work.

In the future, we will continue working to improve the usability and playability of the graphic adventure game from the perspective of students and teachers. In addition, we intend to conduct several assessments that will enable us to measure the quality of the gaming experience and the learning outcomes.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is financed by the Ministry of Science & Innovation, Spain, as part of the VEDCO Project (TIN2011-26928), Iberoamerican Network support the teaching and learning of professional competences through collaborative and ubiquitous environments (CYTED - 513RT0481) and the Excellence Project P11-TIC-7486 financed by the Junta de Andalucía.

REFERENCES

- [1] Frade, L. 2006. *Desarrollo de competencias en educación: desde preescolar hasta bachillerato*. Biblioteca para directivos y supervisores escolares en el D. F. 1ª. Edición Méjico SEP.

- [2] Tobon, S., Pimienta, J., y García, F. 2010. *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación por competencias*. Pearson, Méjico.
- [3] Ifenthaler, D., Eseryel, D., Ge, X. 2012. *Assessment in Game-Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives*. Springer Science+Business Media New York.
- [4] Eseryel, D., Ifenthaler, D., Ge, X. 2011. Alternative assessment strategies for complex problem solving in game-based learning environments. In *Multiple Perspectives on Problem Solving and Learning in the Digital Age*, DOI 10.1007/978-1-4419-7612-3_11,C Springer Science+Business Media, 159-178.
- [5] Ifenthaler, D., Eseryel, D., Ge, X. 2012 . Assessment for Game-Based Learning. In *Assessment in Game-Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives*. Springer Science+Business Media New York. 1-8.
- [6] Bellotti, F., Kapralos, B., Lee, K., Moreno-Ger, P., Berta, R. 2013. Assessment in and of Serious Games: an overview - *Advances in Human-Computer Interaction*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/136864>
- [7] Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., De Gloria, A. 2014. Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*. doi:10.1111/bjet.12113
- [8] Padilla-Zea, N. 2011. *Metodología para el diseño de videojuegos educativos sobre una arquitectura para el análisis del aprendizaje colaborativo*. PhD dissertation. University of Granada.
- [9] Padilla-Zea, N., Gutiérrez-Vela, F. L., López-Arco, J. R., Abad-Arranz, A., y Paderewski, P. 2014. Modelling storytelling to be used in educationa video games. *Computers in Human Behaviour* 31, 461-474.

Realidad Aumentada en Videojuegos Educativos basados en el Contexto

A. J. Soriano Marin
GEDES Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda,
s/n · E-18071 GRANADA (Spain)
+34 958 242 812
asoriman@gmail.com

J. L. González Sánchez
GEDES Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda,
s/n · E-18071 GRANADA (Spain)
+34 958 242 812
joseluisgs@ugr.es

F. L. Gutiérrez Vela
GEDES Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda,
s/n · E-18071 GRANADA (Spain)
+34 958 242 812
fgutierr@ugr.es

ABSTRACT

El presente artículo tiene como objetivo principal ofrecer una visión sobre el diseño de videojuegos educativos bajo el paradigma de la realidad aumentada y basados en el contexto. Este paradigma ofrece nuevos retos y desafíos en la experiencia interactiva que produce el sistema, los cuales ayudan a crear nuevos mecanismos para la asimilación de contenidos didácticos dentro y fuera del aula. En este trabajo analizamos la novedad del uso de este nuevo paradigma en las aulas para crear nuevos mecanismos presentando como ejemplo de aplicación el diseño de un videojuego educativo.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems - Human factors.

General Terms

Performance, Design, Human Factors.

Keywords

videojuegos educativos, realidad aumentada, aprendizaje basado en el contexto, interacción persona-ordenador.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de nuevas tecnologías en el aula supone un reto constante para mejorar y adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje a las nuevas tendencias. Los nuevos paradigmas existentes ayudan a mejorar y aprovechar nuevos mecanismos en la transmisión del conocimiento dentro y fuera del aula. Es de resaltar que la UNESCO considera que el uso de las nuevas tecnologías, especialmente paradigmas móviles (mobile learning, ubiquitous learning,...) permitirá el acceso universal a la educación, la igualdad en el ejercicio de la docencia y el aprendizaje. Entre las nuevas tendencias destacamos el aprendizaje basado en el contexto [2] que ayuda a asimilar los contenidos educativos aprovechando la información adicional y aumentada, enriqueciéndola con el entorno en el cual el usuario

está interactuando y aprendiendo.

El presente artículo tiene como principal objetivo plasmar la fusión de la realidad aumentada y el aprendizaje basado en el contexto aplicados al proceso de enseñanza-aprendizaje, con el objetivo de mejorar la efectividad de éste. Posteriormente se propondrá cómo estas tecnologías pueden ser fusionadas en un ejemplo concreto: el aprendizaje de una correcta conducta alimenticia para niños. Finalmente mostraremos conclusiones y trabajos futuros derivados del contenido de este artículo.

2. VIDEOJUEGOS EDUCATIVOS, REALIDAD AUMENTADA Y CONTEXTO

Los videojuegos son ya un elemento ampliamente utilizado en el aula gracias a los resultados prácticos positivos que han ofrecido al proceso de enseñanza-aprendizaje, como son: las mejoras en el éxito escolar, el aumento de las habilidades cognitivas, la motivación positiva y las mejoras generales en la atención, concentración y fluir de la tarea [6][10].

Los videojuegos proponen un medio donde el aprendizaje se obtiene como resultado de las tareas estimuladas por los contenidos del juego. El conocimiento se adquiere a través de los elementos del juego, y las habilidades cognitivas se desarrollan como resultado de la propia acción de jugar. A la hora de diseñar un videojuego educativo es importante que el contenido educativo este camuflado bajo los propios elementos del juego y para fomentar el éxito del aprendizaje, dicho videojuego debe estar centrado en resolver problemas del mundo real, activar conocimientos previos e integrar dichos conocimientos en la vida diaria [8][7]. Ejemplo de la aplicación de juegos en el aula se pueden encontrar en [9] [11] y [5].

La realidad aumentada se puede definir como la combinación de objetos de un entorno real y objetos virtuales generados por computadora (objetos, imágenes, texto, etc.) en tiempo real mediante un conjunto de dispositivos que añaden información virtual al entorno real ya existente. El usuario puede interactuar y realizar distintas acciones [1] siendo una de las disciplinas más innovadoras dentro de la investigación en el campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO). A diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada pretende ofrecer mecanismos de interacción basados en una mezcla de un mundo real y virtual de forma natural con los objetos generados.

Existen distintas técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada [4]: interacción basada en marcadores, interacción basada en imágenes, interacción basada en movimiento corporal, interacción basada en geoposicionamiento y

otras técnicas de interacción como sistemas hápticos, auditivos, olfativos, etc.

En el campo de los videojuegos encontramos que la realidad aumentada está creciendo notablemente gracias a proyectos como: WonderBook, InviZimal, Nintendo 3DS o Microsoft Kinect.

A nivel educativo la realidad aumentada nos ofrece la posibilidad de poder acceder a los recursos educativos de una manera libre y sin las barreras típicas de la aplicación dentro de un contexto determinado, como el aula de cuatro paredes, y con ello la formación menos localizada e informal, fomentando el acceso a recursos virtuales de uso compartido, actualizándose constantemente gracias a la interconexión entre dispositivos y redes, provocando una mayor expansión y aplicación del aprendizaje (uno de los objetivos principales del paradigma de aprendizaje ubiquitous learning) asentando las bases del aprendizaje basado en el contexto [3], o Context-Based Learning, (CBL). Este modelo de enseñanza-aprendizaje hace referencia al uso de situaciones en la vida real y entornos reales para transmitir contenidos educativos en base a la experiencia en el día a día que pueden obtenerse de interactuar con ellos. Se basa en dos pilares relacionados con el contexto: por una parte, el "contexto" que se basa en una situación social de aprendizaje mediante el cual el conocimiento se adquiere, se procesa, y se produce a través de la cooperación y uso de distintos medios directos para su difusión; por otro lado, el "contexto" debe ser un compromiso entre la teoría y la práctica en la vida real así como la experimentación empírica y el la filosofía del ensayo-error de manera inmersiva. El CBL busca romper con el modelo estático/pasivo del aprendizaje llevado en un solo lugar (el aula) y realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en distintos lugares de una manera activa, social y participativa, estando el alumnado motivado para adquirir el conocimiento y verlo como algo valioso porque resuelven un problema específico de una manera práctica aplicando todo su bagaje.

3. PROPUESTA DE VIDEOJUEGO EDUCATIVO BASADO EN EL CONTEXTO CON REALIDAD AUMENTADA

El objetivo de este artículo es asentar las bases para el desarrollo del modelo de aprendizaje basado en el contexto. Para ello partimos de un objetivo principal como es romper con las barreras del aula y fomentar la diversión, participación y motivación del alumnado.

A la hora del diseño es conveniente integrar mecánicas y dinámicas de videojuegos para fomentar retos que hagan uso de la realidad aumentada promoviendo la jugabilidad y que dichos retos del juego estén ligados a la transmisión del conocimiento empírico basado en los entornos donde el alumnado pueda practicar/jugar con él. A nivel de diseño, dichos retos se integraran en el GDD (Game Design Document) unido a la descripción de los objetivos educativos que se quieren alcanzar durante el juego en un contexto de uso determinado, analizando y comprobando qué objetos de la realidad se utilizarán, de qué manera y cómo se ampliará su información (aumentar) y en qué lugar se realizará.

La Figura 1 muestra la idea de incorporar el contexto en el diseño de videojuegos educativos. De esta manera para realizar una actividad educativa se tendrán que diseñar distintos retos de juego (contenidos lúdicos) que se desarrollarán en uno o varios

contextos de uso. La aparición de la componente contexto de uso nos ayuda a saber cómo y de qué manera se van a desarrollar los contenidos lúdicos así como de qué manera se enriquecerá el entorno real con la información virtual (información aumentada) necesaria en cada caso.

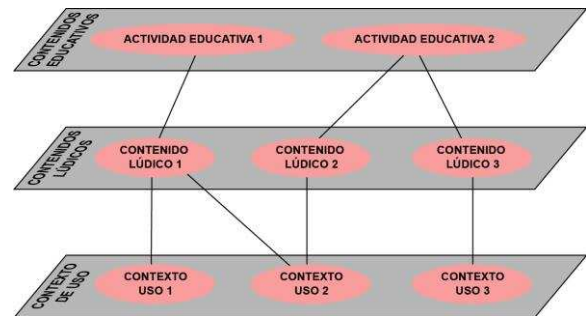


Figura 1. Representación gráfica del proceso de diseño de videojuegos educativos basados en el contexto.

Para el diseño de la estructura del videojuego partimos de crear distintas fases las cuales estarán formadas por varios niveles. En cada uno de los niveles se proponen distintos retos al jugador haciendo uso de la realidad aumentada (detección de imágenes, marcadores, seguimiento y geo-posición), por ejemplo añadir los ingredientes a una ensalada resolviendo distintos acertijos o mecánicas de juego, complementadas con ir a un lugar determinado y realizar acciones relacionadas con los ingredientes. Los niveles se agrupan en fases. En cada una las fases se realizarán pruebas/retos de juego, para la evaluación, asimilación y refuerzo de todos los contenidos de niveles y fases anteriores. A su vez, el juego hace uso de distintos contenidos multimedia con los que el usuario interactuará usando la realidad aumentada: objetos 2D y 3D, sonido, video, animaciones, texto, etc., que serán procesados por el motor del videojuego basado en realidad aumentada y siempre ligados al contexto donde se realiza el reto del juego.

El diseño realizado de la arquitectura del videojuego a construir se muestra en la Figura 2.

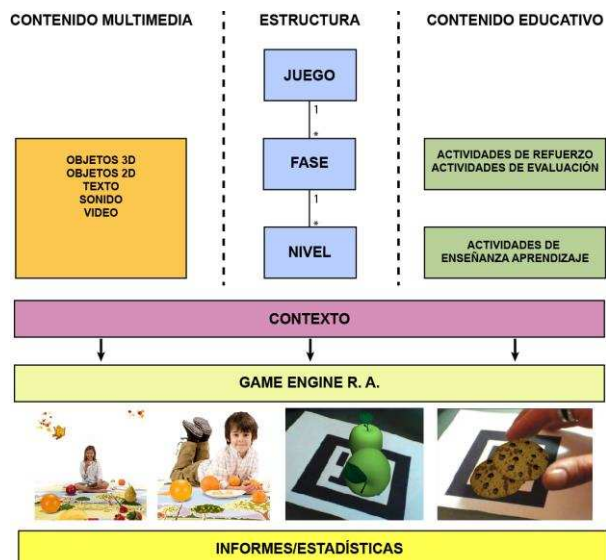


Figura 2. Diseño de Videojuego Educativo con Realidad Aumentada para mejorar las conductas alimentarias

A la hora de diseñar las mecánicas y dinámicas de este videojuego se hará uso de las propiedades de la jugabilidad para fomentar la experiencia del jugador. El primer paso es crear un StoryLine completo, atractivo para el tipo de usuario que vamos a tener. Esta historia debe tener en cuenta los distintos lugares donde se puede llevar a cabo los diferentes retos del juego y como se enriquecerá la realidad con los elementos virtuales que en este contexto se utilizarán. Las mecánicas y dinámicas de interacción se diseñarán en base a distintos tipos de marcadores, posición, objetos y funciones y botones virtuales en tarjetas y en pantalla. Todos estos mecanismos se pueden utilizar en dispositivos móviles como por ejemplo las tablets o teléfonos inteligentes con el objetivo de que el usuario interactúe con los distintos elementos del juego. Es por ello que las reglas del juego estarán ligadas a las reglas de interacción con este tipo de elementos, ver Figura 3.

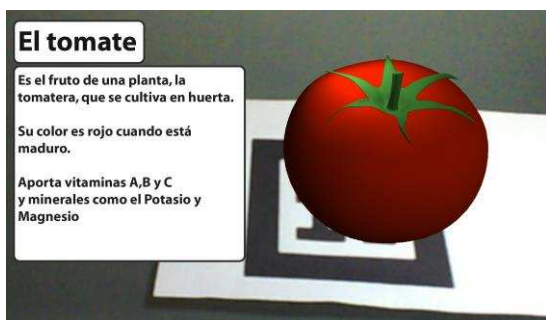


Figura 3. Ejemplo de interacción con elementos del videojuego utilizando RA

Es imprescindible ofrecer un refuerzo (feedback) por cada acción del juego sin ser este frustrante. De esta manera el usuario sabrá la consecuencia de la acción realizada dentro del juego. Una buena estrategia es utilizar un protagonista o avatar que actúe como guía, debe ser expresivo para orientar al jugador en las acciones del juego fomentando un enlace emocional-empático entre jugador/a y protagonistas. Se otorgaran recompensas por acciones correctas, ya sean estas virtuales o reales. Las recompensas nos ofrecen un factor de motivación extra, pues nos permiten crear mecanismos que influyan en el jugador a la hora de superarse e ir avanzando en el juego.

Para superar los retos planteados en el juego se usaran estrategias y habilidades similares a las que el jugador debe usar para solventar un reto de iguales características de la vida real (objetivo principal de este tipo de aprendizaje). Con los puntos expuestos anteriormente nos aseguramos poder construir un juego que cumpla con los objetivos que queremos: entretenimiento, motivación y afán de superación.

Finalmente el juego ofrece distintos informes de puntuación, premios y estadísticas de juego tanto para el jugador como otros más específicos destinados a la persona encargada del seguimiento del jugador (docente, profesor, padres, responsable, etc.). Estos informes ayudan a conocer el progreso, el número de intentos, el tiempo, los tipos de interacción realizada, el uso de los recursos, así como la asimilación de contenidos. Siempre, por supuesto, teniendo en cuenta el usuario que acceda a ellos. En el caso del alumnado se utilizará puntuaciones, logros, medallas y premios. Estas puntuaciones serán compartidas entre el alumnado, pero siempre intentando crear una interdependencia positiva guiada por el juego, donde las propias acciones del alumnado sirvan como mecanismos de refuerzo y motivación en el resto de sus compañeros para seguir jugando, avanzando y mejorando en

los distintos retos que el videojuego promueve. En el caso de los responsables docentes, unas estadísticas más detalladas tanto de cada actividad/reto, como de cada nivel fase y del juego global.

Como ejemplo concreto de aplicación de la metodología de aprendizaje basada en contexto usando videojuegos y realidad aumentada proponemos un juego para adquirir buenas conductas alimenticias. Se ha elegido este campo ya que los planes educativos actuales remarcan la importancia de tener correctas conductas alimenticias y conocimientos sobre los alimentos y sus propiedades desde las edades más tempranas, para entre otras cosas, prevenir la obesidad infantil o malos hábitos alimenticios.

A nivel de desarrollo del videojuego se ha optado por un diseño para dispositivos móviles, tanto smartphones como tablets debido a su gran popularidad y a que disponen de todos los elementos necesarios para el uso de aplicaciones de realidad aumentada (elementos de captura, procesamiento y visualización). Dentro de los dispositivos móviles los sistemas operativos más utilizados son IOs de Apple y Android de Google, y por tanto son los candidatos para el desarrollo de esta aplicación. Para el desarrollo de aplicaciones para Android, Google pone a disposición del desarrollador sus SDKs así como varios entornos de desarrollo: Android Studio, ADT Bundle (Android Developer Tools). Para IOs, es necesario el desarrollo de aplicaciones con el entorno XCode. La opción elegida ha sido el motor de juegos Unity 3D, el cual proporciona la opción de compilar las aplicaciones para distintas plataformas (Android, IOs, Windows, Xbox360, etc.), y por tanto solo es necesario un único desarrollo utilizando el lenguaje de programación de Unity. La librería de realidad aumentada elegida ha sido Vuforia de Qualcomm la cual está disponible para Unity 3D, ofreciendo una fácil integración y desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

Al empezar a jugar el usuario elegirá uno de los avatares disponibles con el objetivo de sentirse identificado dentro del juego. En este juego en concreto, el avatar viaja a través del mundo de las "frutas y hortalizas", que corresponde a la unidad didáctica donde se adquieren los distintos contenidos relacionados con los objetivos procedimentales, conceptuales y actitudinales de esta unidad didáctica. Para ello, los conjuntos de retos llevados en este mundo podrán realizarse en un lugar real (donde existen marcadores que nos ofrecen información adicional a parte de la obtenida por la geo-posición), o la simulación de dicho lugar de manera virtual, usando de nuevo la realidad aumentada.

El público objetivo para este videojuego son alumnos de edades comprendidas entre 6 y 8 años, es por ello que todos los elementos del juego se diseñaran teniendo en cuenta las características de dicho perfil.

Este mundo está dividido en distintas fases donde en cada una se hará hincapié en aspectos concretos y relacionados con experiencias reales. Para poder superar una fase se utilizarán conocimientos y mecánicas de juego de fases anteriores junto a los actuales para fomentar un aprendizaje constructivista e inmersivo, con el objeto de reforzar la adquisición de los distintos contenidos didácticos. Uno de los ejemplos es la fase 3 de este mundo donde se abordan platos típicos realizados con frutas y hortalizas de Andalucía yendo al huerto para cultivarlos y elaborarlos.

La historia de nuestro videojuego se centra en un aprendiz de mago que va de aldea en aldea (fases), y dentro de ellas interactuando con distintos personajes/elementos de la aldea

(niveles) y en los distintos lugares que en ella se proponen. En cada nivel se trabajará un objetivo didáctico concreto, por ejemplo en el nivel 2 de la fase 3, el objetivo didáctico es "aprender cómo realizar un gazpacho: ingredientes y sus características". Donde se tendrá que identificar dichos ingredientes en el huerto, saber sus características y cultivarlos. Dentro de este nivel el avatar debe interactuar con los distintos elementos que aparecen en el dispositivo de visualización.

El primero de los retos es cuando un anciano mago de la aldea le pide al avatar/jugador que busque en el huerto una hortaliza de color rojo y forma redondeada para hacer una pócima mágica, para ello tendrá que identificar cual es la hortaliza a partir de distintas cartas de marcadores. La hortaliza "tomate" al no estar disponible deberá ser cultivada (plantada, regada y recogida) por el alumnado. El siguiente reto es que el propio mago le indica que vaya a la panadería (real o virtual) y que se entere de con que elementos se hace el pan, para ello el jugador deberá seleccionar los elementos entre las distintas opciones mediante los marcadores de objetos y serán mezclados como lo realizaría un panadero. Para interactuar entre elementos reales y virtuales se utilizarán marcadores de objetos y de funcionalidad: acción de parar (stop) e iniciar (start) en la amasadora de pan.



Figura 4. Marcadores funcionales.

Mientras el jugador resuelve los retos, el mago le explica las propiedades de cada uno de los elementos/alimentos que está utilizando, como las calorías, vitaminas, zonas y temporada de cultivo, platos relacionados, etc. El mago propondrá también puzzles de agrupación, donde se utilizarán distintas tarjetas/marcadores, con las que el jugador seleccionará todos los ingredientes necesarios para elaborar la poción mágica llamada "gazpacho" entre todos los ingredientes que ha obtenido visitando el huerto, el horno de panadero y la cocina. Posteriormente se realizará un reto de balance/precisión donde utilizando marcadores de funcionalidad o botones virtuales, el jugador agrupará los ingredientes de la poción según las cantidades y proporciones que el mago le va indicando y deberá servirlos en el comedor. Es importante que para ello debata con sus compañeros las opciones a realizar (factor social y aprendizaje colaborativo). Como prueba de refuerzo de este nivel y para que nuestro avatar aprenda la pócima secreta, el mago le irá proponiendo una serie de retos para comprobar si ha sabido elaborar correctamente la pócima mágica, indicando el orden, cantidad, ingredientes o alguna característica de éstos y lugares donde debería poder ir a por ellos.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La educación basada en el contexto nos ofrece mecanismos donde el alumnado pasa a ser un elemento activo del proceso de enseñanza-aprendizaje. La inclusión de la realidad aumentada nos ofrece mecanismos para enriquecer la realidad y los objetos cotidianos con información extra relacionada. Por otro lado, los videojuegos educativos actúan como mediador en dicho proceso

fomentando de manera divertida que el alumnado aprenda y domine nuevos conceptos. En este trabajo se ha analizado el diseño de videojuegos educativos basados en el contexto usando la realidad aumentada y se ha propuesto un ejemplo concreto de aplicación de las ideas mostradas para el aprendizaje de conductas alimenticias saludables.

Actualmente se están desarrollando los prototipos de contenidos educativos y los siguientes niveles del juego mostrado en este trabajo, así como la optimización de la tecnología necesaria para el desarrollo del motor del videojuego basado en realidad aumentada sensible al contexto. Además se está trabajando con el departamento de la didáctica de la expresión corporal de la Universidad de Granada en un programa de mejora de conductas alimenticias y gymkhanas basadas en el contexto para mejorar las conductas saludables.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España como parte del proyecto VIDEKO (TIN2011-26928) y el Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía P11-TIC-7486 Videojuegos educativos para las aulas TIC: Metodología de desarrollo e implantación.

6. REFERENCIAS

- [1] Azuma, R. T. 1997. A survey of Augmented Reality.
- [2] Campbell, B., Lazonby, J., Nicholson, P., Ramsden, J. and Waddington, D. (1994) Science: the Salters' Approach; a case study of the process of large-scale curriculum development, *Science Education*, 78 (5), 415-447, 1994
- [3] Edward Rose, D. 2012. Context-Based Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1872
- [4] Garrido, R., and García Alonso, A. 2008. Técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada. In *Proceedings of 2nd Annual Meeting, JOREVIR 2008*.
- [5] Gutiérrez, F. L., Padilla Zea, N., López Arcos, J. R., and Abad Arranz, A. 2012. Introducción de la narrativa digital en videojuegos educativos: "La Aventura de Ato". Congreso: Simposio Internacional de Informática Educativa.
- [6] McFarlane, A., Sparrowhawk, A., and Heald, Y. 2002. Report on the educational use of games: An exploration by team of the contribution which games can make to the education process.
- [7] Merrill, M. D. 2002. First principles of instruction. *Educational Technology research and Developments* 50 (2002), 43-59.
- [8] Prensky, M. 2001. *Digital Game-Based Learning*.
- [9] Rosas, R., Nussbaum, Cumsille, P., and otros. 2003. Beyond nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computer & Education* 40 (2003), 71-94.
- [10] Sanz, J. M. Educar en el 2000, número 8. pp: 132-135. Murcia: Consejería de Educación y Cultura.
- [11] Zona clic: Recursos e información sobre clic: <http://clic.xtec.cat/es/index.htm>. Último acceso: 27 de Febrero del 2014

NFCBOOK: Libro Juego Digital basado en Interfaces de Usuario Tangibles

Elena de la Guía, María D. Lozano, Víctor M.R. Penichet , Rubén Nieto

Computer Science Research Institute

Universidad de Castilla-La Mancha

Campus Universitario, Albacete - España

{mariaelena.guia, maria.lozano, victor.penichet}@uclm.es, ruben.nieto@alu.uclm.es

ABSTRACT

La lectura es una actividad que estimula capacidades cognitivas como son: agilidad mental, el lenguaje, la toma de decisiones, etc. Sin embargo no siempre resulta atractiva para los niños, es necesario un factor lúdico que los motive e incite a leer. En este artículo proponemos NFCBook, libro-juego digital basado en interfaces de usuario tangibles. El libro encarna una obra literaria donde el usuario se involucra en la historia decidiendo el destino del protagonista. Se ejecuta en dispositivos móviles como pueden ser tablet, smartphone, etc. El estilo de interacción está basado en interfaces táctiles y tangibles. Para comenzar a jugar con el libro el usuario debe buscar tarjetas de transportes públicos, turismo, afiliación, etc. que integren la tecnología NFC en su interior. A través de la aplicación los usuarios pueden convertir las tarjetas encontradas en interfaces de usuario tangibles, para posteriormente involucrarse en la historia del libro interactuando a través del dispositivo móvil y los objetos. Después de llevar a cabo una evaluación preliminar se han obtenido datos positivos, los nuevos mecanismos de interacción facilitaban el uso del libro-juego, los niños se sentían motivados mientras realizaban la actividad y querían repetir la experiencia.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces. – Graphical user interfaces.

General Terms

Design, Human Factors, Experimentation.

Keywords

Interfaces Tangibles, Tecnología NFC, Interfaces de Usuario Móviles y Distribuidas

1. INTRODUCCIÓN

La lectura es una herramienta necesaria en el aprendizaje, es un elemento clave para fomentar la imaginación y la creatividad en

los niños desde sus primeras edades. Esta actividad requiere un complejo conjunto de procesos cognitivos de manera que cuanto más se lee, mayor es la estimulación cerebral [3]. La falta de comprensión lectora, es el origen del fracaso educativo, siendo su ausencia la causa de discapacidades en el aprendizaje que afectan la capacidad del cerebro para recibir, procesar y almacenar información [4]. Además de favorecer el aprendizaje, la lectura también es necesaria para estimular capacidades cognitivas en personas que sufren discapacidades intelectuales [5][6].

Sin embargo, hoy en día el porcentaje de niños que leen es muy bajo. La mayoría encuentra la actividad aburrida y terminan abandonándola. Actualmente, tanto para los padres como para los profesores motivar a los niños e incentivarlos para leer se ha convertido en un desafío. Por esta razón nos preguntamos ¿Cómo podemos incentivar a los niños a través de la tecnología para que lean y se diviertan al mismo tiempo?.

Los videojuegos se han convertido en un recurso didáctico por las siguientes razones: fomentan la motivación de los usuarios, tiene gran interactividad, facilita la atención a la diversidad permitiendo adaptarse al nivel del usuario, estimula las capacidades cognitivas del usuario, entre otras. Los juegos son una herramienta que no solo debe ser usable para ser utilizados por los usuarios sino que debe tener un factor lúdico que motive a los usuarios y los incite a repetir el juego y beneficiarse de las múltiples ventajas que ofrece.

Los avances tecnológicos en la miniaturización de los microprocesadores han abierto nuevas posibilidades de servicios a los usuarios. Por un lado tenemos la computación móvil como pueden ser smartphones, tablets, netbooks, etc. y por otro lado nos encontramos la inserción de tecnologías emergentes, concretamente, la tecnología NFC (Near Field Communication) que se ha integrado en los últimos dispositivos móviles. La combinación de estas tecnologías nos permite diseñar y desarrollar nuevos mecanismos de interacción tangibles, cuando hablamos de interfaces de usuario tangibles (TUI o Tangible User Interface en inglés) [8] nos referimos a objetos físicos utilizados como representaciones y controles de la información digital. De esta forma conseguimos combinar dispositivos digitales con objetos reales creando escenarios más familiares e intuitivos para el usuario.

En este artículo para motivar e incentivar al usuario a leer se ha diseñado y desarrollado una aplicación llamada NFCBook. Ésta consiste en un libro-juego que se ejecuta en cualquier dispositivo móvil. Para interactuar con la aplicación es necesario que el usuario diseñe y configure de forma fácil e intuitiva sus propias interfaces de usuario tangibles. Para conseguir interfaces tangibles

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCION '14, Sept 10–12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.
Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7...\$15.00.

es suficiente con la búsqueda y selección de tarjetas que utilizamos habitualmente, como pueden ser tarjetas de débito, fidelización, de transportes públicos, etc. El único requisito de las tarjetas es que integren un chip NFC en su interior, tecnología que en los últimos años se ha insertado exponencialmente en el día a día de las personas.

El artículo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se describen los conceptos más importantes relacionados con el proyecto, a continuación se explica cómo se ha diseñado y desarrollado el sistema, teniendo en cuenta nuestro objetivo principal que es motivar al usuario para utilizar el libro-juego, para ello se ha hecho hincapié en las interfaces de usuario y los nuevos mecanismos de interacción propuestos basados en estilos de interacción táctil y tangible. Después se describe con detalle el sistema NFCBook y por último se cierra el artículo con la evaluación, conclusiones y trabajos futuros.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Un libro-juego es una obra literaria que pretende que el lector se sienta inmerso en la historia permitiéndole que elija el destino del protagonista. Existe una colección de libros-juegos enfocados al público juvenil como es: *Elige tu propia aventura*. El equivalente electrónico es llamado *Primera Aventura Experimental y Extraña*, son aventuras conversacionales que se desarrollan en una videoconsola. Ejemplos de este tipo podemos ver en [20],[21],[22].

El problema de los libro-juegos al igual que ocurre con la lectura ha sido que comienza siendo una experiencia atractiva para los niños pero si no tiene un factor que los motive comienza a ser aburrida y terminan abandonándolo.

En los últimos años la integración de la computación móvil ha permitido que los libros electrónicos crezcan y sean aceptados por la sociedad en entornos educativos y en el desarrollo de otras actividades [1]. De esta forma podemos aprovecharnos de las ventajas que nos ofrece el contenido digital, enriqueciendo la lectura, añadiéndole contenido multimedia y permitiendo llegar al usuario fácilmente.

Los juegos son una herramienta que además de entretener enriquece la experiencia del usuario permitiendo que los usuarios aprendan y desarrollen habilidades cognitivas a la misma vez que se divierten. Hay estudios que afirman que los niños prefieren aprender jugando [2]. Algunos de los juegos enfocados en estimular capacidades cognitivas y desarrollar el aprendizaje son los llamados *juegos serios* (del inglés "serious game") [23], son juegos diseñados para un propósito principal, concretamente para desarrollar habilidades cognitivas específicas. Los dispositivos utilizados para su ejecución son mayoritariamente computadores o dispositivos móviles [9]. Otros tipos de dispositivos y consolas, como son la Kinect, dispositivos de realidad virtual, etc. también se han utilizado con el fin de mejorar el aprendizaje de los niños [27][28].

Estos ofrecen numerosos beneficios en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, los dispositivos como son Kinect, Wii, robots, dispositivos de realidad virtual, no son asequibles para todo el mundo, tienen una infraestructura compleja y necesitan de otros dispositivos para funcionar. Por otro lado la computadora, los dispositivos móviles, etc. necesitan implementar juegos altamente interactivos y atractivos para los usuarios, de lo contrario los usuarios terminan abandonando y pierden los beneficios que les ofrecen.

Actualmente las tecnologías emergentes se han insertado inconscientemente en nuestra sociedad. Un ejemplo de ello es la tecnología NFC. Algunos ejemplos de su uso los podemos ver, en los tickets para viajar en vehículos públicos, estacionamiento, en restaurantes, para el turismo, en aplicaciones de asistencia sanitaria. También pueden ser utilizadas como tarjeta de fidelización y descuento, para comprar entradas, intercambiar cualquier tipo de información con otros usuarios o dispositivos y reintegrar dinero en cajeros.

Sarmenta en [19] define una metodología para insertar la tecnología NFC como un mecanismo interactivo, ofreciendo a los jugadores el divertimento de manipular objetos físicos como parte integral del juego. A lo largo de los años, se ha dado uso a las tecnologías NFC o RFID (Radio Frequency IDentification), incluyendo juegos basados en localización (por ejemplo, *geocaching*[26], búsqueda de tesoro o juegos de persecución [13]), juegos coleccionables de cartas (por ejemplo, *Mattel's Hypescan*, citado en [15]), juegos estáticos basados en anuncios inteligentes (por ejemplo, juegos de preguntas [16]), juegos dinámicos basados en proyectos realizados por DOCOMO euro-Labs [14][18] y juegos multi-jugador similares a "*hot potatoes*", donde NFC es usado para pasar un objeto virtual de un jugador a otro solo tocando los teléfonos entre sí [15].

Otros ejemplos que podemos encontrar que sigan la metodología descrita por Sarmenta son: *NFC Matching Game*: Es un juego de memorización donde los jugadores deben revelar la imagen que hay detrás de una carta tocando con el dispositivo móvil. *NFC Drum Repeat*: juego similar al clásico Simon. En *NFC World Shuffle*: Los jugadores barajan un mazo de tarjetas NFC, cada una con una letra del alfabeto, eligen unas cuantas (de 6 a 16), que distribuyen en una superficie, luego intentarán formar cuantas más palabras posibles mejor, dentro de un margen de tiempo limitado, usando las tarjetas del alfabeto. Aunque se puede jugar uno solo, es más interesante cuando juegan múltiples jugadores usando sus propios teléfonos, y las mismas tarjetas a la vez. *NFC Gem Shuffle*: en este juego, el primer jugador "esconde" gemas virtuales "dentro" de tarjetas NFC, acercándolas al teléfono, en diferentes tarjetas (mientras el otro jugador no está mirando), luego pasa el teléfono al segundo jugador, el buscador, que intentará adivinar las tarjetas con las gemas. *NFC Shakespeare Shuffle*: Aquí, un jugador usa de 3 a 5 etiquetas NFC. Cada vez que una etiqueta es usada, el teléfono reproduce (de forma audible) un fragmento de una obra de Shakespeare. El objetivo del juego es usar las etiquetas en el orden correcto para completar el fragmento.

Todos ellos mezclan beneficios de los juegos tradicionales (físicos) con las ventajas que nos ofrecen los juegos virtuales, alto contenido multi-media, feedback, interacción muy rica, etc. Su objetivo principal es el entretenimiento del usuario pero no se enfocan en desarrollar capacidades cognitivas como son la lectura, creatividad, etc.

3. NFBOOK

NFCBook es un libro-juego, es decir, una obra literaria donde se involucra al lector en el seno de la historia permitiéndole decidir sobre el curso de la misma. Su contenido se ha basado en la colección de libros-juegos denominada "*Elige tu propia aventura*". El objetivo principal de la aplicación es motivar a los usuarios para que adquieran el hábito de lectura ayudándoles de esta forma a desarrollar habilidades cognitivas tales como agilidad mental, concentración, activación del sistema visual, etc. Para

incentivar al usuario se ha tenido en cuenta factores lúdicos que pretenden convertir una actividad a priori aburrida en una actividad que motive al usuario a participar en ella.

El libro que antes era físico se ha convertido en formato digital para ser leído y consultado desde un dispositivo móvil (tablet, smartphone, etc.). Para interactuar con el libro-juego se utilizan objetos físicos que integran NFC en su interior. De esta forma antes de comenzar a jugar es necesaria una fase de búsqueda y selección de tarjetas comunes que integren NFC, después el usuario tendrá el control para configurarlas y posteriormente disfrutar del libro-juego a través del dispositivo móvil y las interfaces tangibles o tarjetas.

La aplicación interactiva distribuye interfaces de usuario en dispositivos táctiles y objetos comunes. El funcionamiento es el siguiente, el usuario a través de tarjetas físicas casuales que puede encontrar en cualquier lugar, como son tickets de transportes públicos, entradas a espacios públicos, museos, cines, etc. configura su propio juego. La aplicación ha sido implementada en Android e internamente utiliza tecnología NFC para dar un valor a las tarjetas físicas que posteriormente pasaran a ser interfaces tangibles a través de las que se interactuará con el juego (Ver Figura 1).

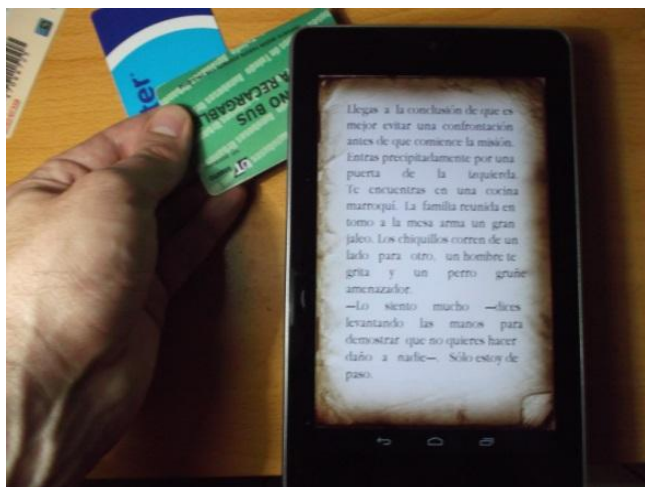


Figura 1. NFCBook compuesto por la tablet donde se ejecuta el libro-juego y las Interfaces de Usuario Tangibles (tarjetas u objetos cotidianos con NFC)

3.1 Diseño del sistema

Para llevar a cabo el diseño y desarrollo de la aplicación NFCBook hemos seguido una serie de criterios basados en la teoría de flujo propuesta por Sweetser y Wyeth [10].

Los puntos más importantes que se han tenido en cuenta para diseñar e implementar las interfaces de usuario han sido los siguientes. La concentración, el reto o desafío, el control sobre el juego, el feedback, la inmersión del usuario en la actividad y la interacción social.

Concentración: El objetivo de la aplicación es mantener la atención y concentración del usuario enfocada en el libro-juego. Para conseguir que la interfaz sea limpia y el usuario no se distraiga con otro tipo de información se ha distribuido la interfaz de la aplicación en dos. Por un lado la interfaz del libro que se muestra en el dispositivo móvil y por otro lado los controles o

recursos interactivos que nos permiten interactuar y decidir en el juego, se han distribuidos en objetos comunes.

Desafío o Reto: Según Malone [11] cualquier videojuego tiene que proporcionar un reto, es decir, debe incluir fantasía que despierte la curiosidad de los usuarios. En este caso el libro-juego te ofrece varios retos: El reto de conseguir objetos tangibles para interactuar con el libro y el desafío de tomar decisiones en el transcurso de la historia. De esta forma el usuario además de aprender a decidir aprende a ser crítico en sus decisiones. Al final de la historia comprobará la repercusión tanto de las buenas como de las malas decisiones que ha tomado durante la lectura. Esta es una forma de ayudar a los niños a tomar conciencia sobre la importancia de la toma de decisiones.

Control: Lepper y Malone [12] aconsejan que los juegos ofrezcan el control al usuario, en este caso el usuario tiene la oportunidad de tomar sus propias decisiones mientras lee y juega. Por este motivo, en NFCBook el usuario es capaz de controlar las interfaces tangibles que desea utilizar, tiene la opción de crearlas y configurarlas como desea, además de controlar también las decisiones del protagonista dentro del contenido del libro.

Feedback: La aplicación a través de audio, imágenes y texto ofrece información relevante sobre la historia, el punto en el que se encuentra el usuario, las decisiones que puede tomar, etc.

Inmersión: La inmersión es la característica del juego que provoca al jugador para que se vea envuelto en el mundo virtual, volviéndose parte de éste e interactuando con él. El usuario percibe el mundo virtual representado, con sus leyes y reglas que lo gobiernan. Para que el usuario se sienta inmerso en el libro-juego en cada escena se ha añadido un sonido identificativo, dependiendo de si la escena es peligrosa, de intriga, relajada, de felicidad, etc. Para proporcionar un mayor grado de inmersión, combinamos el factor real (interacción y búsqueda de objetos) con el factor virtual (e-reader, tablet, smartphone que nos ofrece el libro-juego).

Interacción social: El libro-juego permite que varios jugadores puedan unirse para buscar tarjetas que integren NFC en su interior con el fin de colaborar entre ellos.

3.2 Funcionamiento del sistema

El funcionamiento del sistema NFCBook es el siguiente:

1º. Búsqueda de los objetos interactivos (Ver Figura 2.a).

Para comenzar a utilizar el libro-juego es necesario encontrar tarjetas que incorporen NFC. Sería suficiente con buscar entre las tarjetas del autobús, fidelización, bancos, etc. El siguiente paso consiste en comprobar que integren el chip NFC en su interior, para llevarlo a cabo el usuario debe acercarse a la tarjeta al dispositivo móvil (que integra el lector NFC), internamente el lector leerá un código, aunque a priori no lo entienda la aplicación se encargará de asociarlo a la futura tarea que va realizar la tarjeta. Una vez que hemos comprobado las tarjetas y tenemos los objetos tangibles debemos configurarlos, para personalizarlos y adecuarlos al libro-juego desarrollado.

2º. Configuración de las interfaces tangibles (Ver Figura 2.b).

El usuario debe identificarse en el juego a través de un avatar. Estos son una representación gráfica, generalmente humana, pueden ser fotografías, objetos, en este caso se han digitalizado soldados (donde se ha añadido chips NFC en su interior) por tener relación con la historia que van a leer. Para realizar este proceso, es necesario pulsar en el dispositivo móvil la tarea que se va asociar con la tarjeta y acercarse ésta al lector NFC para que

internamente el programa asocie el objeto o tarjeta con su función. Es decir, si se desea que una de las tarjetas sea el avatar utilizado por el usuario durante el juego se debería pulsar el botón "Elige tu avatar" (mostrado en la interfaz del dispositivo móvil) y acercar la tarjeta u objeto digitalizado al dispositivo móvil.

A la hora de configurar las demás interfaces se presentan dos opciones: La primera de ellas consiste en seleccionar tres de las tarjetas encontradas para ser asociadas a las respuestas A, B y C (Ver Figura 2.c). Estas se corresponden con los diferentes estados del libro que irá ofreciendo la aplicación al usuario durante el transcurso de la historia. Es decir, el usuario escoge que camino y que acciones va a realizar el protagonista del libro (en este caso él mismo) durante la lectura la aplicación ofrece siempre dos o tres caminos diferentes que permitirán cambiar el curso de la historia.

Otra opción, que supone un reto para el usuario y la posibilidad de aumentar su creatividad es personalizar las tarjetas con las posibles acciones o lugares donde puede ir el protagonista del juego, si se elige esta opción, el programa te proporcionará los datos dependiendo del libro-juego.

De esta forma el usuario tiene el control total de las interfaces tangibles siendo capaz de personalizarlas y darles la función que desee en cada momento. Las mismas tarjetas pueden ser utilizadas en otro libro-juego diferente, solo sería necesario configurar de nuevo las tarjetas permitiendo la reutilización de los objetos. Después de este paso tendremos nuestro sistema completo para poder jugar.

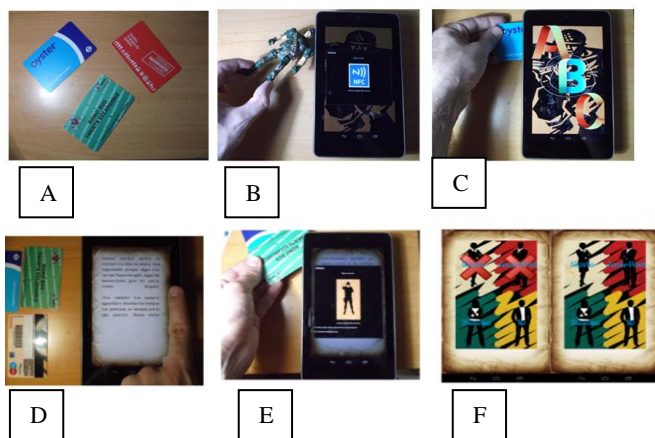


Figura 2. Funcionamiento del juego (a) se buscan las tarjetas que contengan el chip NFC en su interior. (b) Se asocian los objetos con su significado en el libro-juego (c) Se asocian las tarjetas (d) lectura común del libro digital (e) toma de decisiones a través de los objetos físicos (f) Final del juego

3°. Una vez que se han configurado las interfaces de usuario tangibles el libro se puede leer con total normalidad (Ver Figura 2.d). Al final de cada capítulo la aplicación le pide al usuario que decida el transcurso del protagonista. Para llevar a cabo esta tarea es suficiente con acercar el objeto correspondiente con la opción que desea elegir el usuario (Ver Figura 2.e).

4. El libro finalizaría mostrando feedback sobre las consecuencias de las decisiones que ha tomado el usuario permitiéndole volver a jugar para crear otra historia con diferentes decisiones o comenzar

un libro nuevo (Ver Figura 2.f). En la historia los usuarios se enfrentan a acontecimientos nuevos que tienen que abordar, de ahí la importancia de enseñarles la manera correcta de decidir. Poder decidir no sólo es importante para el desarrollo de su seguridad y autonomía, sino que además contribuirá a aumentar y reforzar su autoestima y confianza.

3.3 Mecanismos de Interacción

Las interfaces de usuario se van a distribuir en los dispositivos móviles y en los objetos: Por una parte vamos a tener el dispositivo móvil que muestra el libro-juego. El modo de *interacción es táctil* (Ver Figura 3.a), es decir la interfaz de usuario permite la comunicación entre un usuario y un dispositivo electrónico mediante el sentido del tacto a través de una pantalla sensible. Solo es necesario un toque directo sobre la superficie inferior derecha o izquierda (dependiendo si el usuario desea avanzar o retroceder la página del libro). Normalmente este tipo de interfaces utiliza la ayuda de una interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI (del inglés Graphical User Interface) para representar gráficamente un panel de control que permita interactuar al usuario con el dispositivo electrónico. En éste caso el panel de control se ha distribuido en objetos físicos.

Por otra parte nos encontramos las *interfaces tangibles* (Ver Figura 3.b) que nos permite interactuar con el libro de una forma más real. Para tomar las decisiones del juego, el usuario debe acercar el objeto seleccionado a la tablet, concretamente a la parte donde se encuentra integrado el lector NFC. Es decir, la técnica de interacción consistiría en acercar y alejar la interfaz tangible al dispositivo móvil.

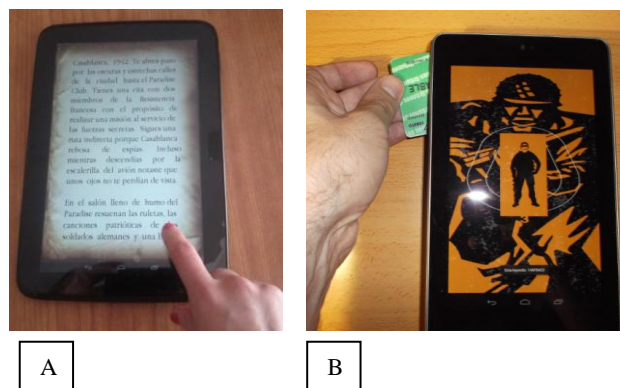


Figura 3. Estilos de interacción: (a) Interacción táctil basada en sencillos toques con los dedos (b) Interacción tangible basada en acercar y alejar el objeto físico a la tablet.

3.4 Arquitectura del sistema

La arquitectura está basada en el modelo-vista controlador (MVC). De esta forma separamos los datos de la aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de negocios en tres componentes distintos que se relacionarán para obtener como resultado la aplicación. La parte de la interfaz corresponde con la interfaz que representa el libro, el componente NFC se encarga del control de la aplicación y los datos creados y configurados por el usuario son guardados en un archivo temporal que mapea los objetos o interfaces tangibles con sus tareas. La aplicación se ha desarrollado para dispositivos con la plataforma Android. Esta se comunica con los objetos interactivos a través de la tecnología

NFC. El proceso es el siguiente: el objeto cuando se acerca al dispositivo móvil excita el lector de tal forma que lee la información correspondiente del objeto y la mapea con la información que ha recogido antes de los objetos. Dependiendo de la información recogida el sistema ejecutará una acción u otra (Ver Figura 4).



Figura 4. Arquitectura de la aplicación NFCBook

4. EVALUACIÓN

En esta sección se describe una evaluación preliminar con el fin de comprobar la reacción de los usuarios ante el sistema NFCBook.

4.1 Participantes

En la evaluación han participado 12 niños (5 niñas y 7 niños). El rango de edad de los participantes ha sido de 9 a 13 años, la media era de 10,8 y la desviación típica de 1,86. Los participantes no tenían experiencia previa con los libros-juegos. Aunque la mayoría utilizan las tablets y los smartphones diariamente.

4.2 Dispositivos utilizados

Los dispositivos utilizados han sido los siguientes: Smartphone Samsung Google Nexus S, (16 GB de memoria interna, 512 MG de RAM, procesador ARM Cortex A8 1GHZ) y con lector NFC incorporado (Utilizado para comprobar si las tarjetas comunes contienen el chip NFC). Tablet de Samsung Nexus 10 que ejecutaba la aplicación, siendo esta desarrollada en Android.

4.3 Procedimiento

Para llevar a cabo los experimentos hemos dividido la evaluación en tres fases: pre-test, test and post-test. En la fase de pre-test se realizaron preguntas a los usuarios para obtener sus perfiles. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Has jugado alguna vez a un libro-juego?
- ¿Cuánto tiempo dedicas a la semana a leer?
- ¿Te gustan los videojuegos?
- ¿Con que frecuencia y qué dispositivos móviles utilizas habitualmente para jugar?

En la segunda fase los usuarios jugaron con la aplicación NFCBook. Primero les explicamos la aplicación y la nueva forma de interacción con el sistema.

En la tercera fase, también llamada post-test nosotros distribuimos el test denominado Smileyometer y les preguntamos las siguientes cuestiones:

- ¿Habéis disfrutado leyendo?
- ¿Volveríais a utilizar la aplicación?
- ¿Qué es lo que más te ha gustado del libro-juego?
- ¿Qué parte no te ha gustado?
- ¿Te has sentido cómodo jugando con tus compañeros?

Mientras los usuarios realizaron las tareas una video cámara se encargaba de grabar la sesión. Dos evaluadores escribieron los tiempos y los errores cometidos.

4.4 Método

Para llevar a cabo la evaluación utilizamos los siguientes métodos: El test Smileyometer (Ver figura 5) permite a los niños elegir entre cinco imágenes que representan emociones. El rango es definido desde el adjetivo feo al adjetivo brillante, de esta forma los usuarios pueden expresar su opinión [25]. Otro de los métodos utilizados ha sido la observación directa [24]. El propósito del método es observar si los usuarios son capaces de utilizar el sistema de una forma natural e intuitiva. Los datos se recogen de una forma informal, de esta forma no se distrae a los usuarios.



Feo / No muy bueno / Bueno / Realmente bueno / Brillante

Figura 5. Test Smileyometer

4.5 Resultados

Los resultados han sido los siguientes: Ninguno de los 12 había leído un libro-juego antes. 2 de los 12 suelen leer algún libro porque sus padres se lo exigen, los 10 restantes aseguran que no leen porque no le gusta. El 100% de los niños evaluados les gusta los videojuegos, todos ellos aseguran jugar diariamente. El 30% juega con el computador, un 17% juega con la tablet, el 53% restante suele jugar con los smartphones. De los encuestados el 40% de vez en cuando utilizan otros dispositivos para jugar como son: Kinect, Wii, Playstation, etc. con este tipo de consola el 80% prefiere jugar con amigos, de hecho solo 2 de los 12 encuestados tienen este tipo de consolas, los demás han jugado con el dispositivo de un amigo, familiar o conocido.

A continuación les describimos el juego, cómo tenían que salir a buscar tarjetas NFC, se les dio la opción de buscarlas tranquilamente durante el día y continuar con el juego al día siguiente. Se juntaron en grupos, había 2 grupos de 2, uno de 3 y el último era de 5 personas. Primero decidieron buscar en sus casas, entre las tarjetas de sus familiares y si no encontraban salían a buscar a sitios públicos.

El primer grupo de 5 personas tardó 47 minutos en volver con las tarjetas, en total recopilaron 9 de ellas. Para comprobar que contenían NFC en su interior a todos los grupos se les prestó un móvil con la tecnología incorporada. El segundo grupo de 2 personas tardó 52 minutos y trajeron 7 tarjetas. El tercer grupo de 3 personas tardó 62 minutos y trajeron 11 tarjetas. El último

grupo tardó 75 minutos, esto fue debido a que prefería buscar en sitios públicos y recopilaron tarjetas de la estación de autobuses y de varias tiendas. En total consiguieron 8 tarjetas.

Cuando se les preguntó por esta parte del juego, los encuestados dieron respuestas muy positivas, al 100% de ellos se divertieron buscando las tarjetas, 3 de ellos comentaron que les gustó porque se parecía al geocaching [27](juego al que habían jugado con conocidos y familiares). Todos comentaron que se lo habían pasado muy bien con los compañeros y que repetirían la experiencia. Cuando se les preguntó sobre la forma de comprobar las tarjetas (debían acercar al dispositivo móvil que le habíamos prestado, este tenía un programa que te notificaba si la tarjeta que querías leer tenía el chip NFC incorporado). Hubo 3 de ellos que comentaron que al principio les costaba leer la tarjeta porque no sabían muy bien donde tenía el móvil el lector NFC, los 9 restantes no tuvieron ningún tipo de problema.

Después de tener las tarjetas recopiladas, se les explicó cómo debían configurarlas para comenzar con el libro-juego.

El 100% prefería configurarlas con sus compañeros, con esta parte estuvieron entre 16 (el grupo que menos tardó) a 28 minutos. Acercar la tarjeta a la tablet y darle un valor fue sencillo para ellos, les llevó unos segundos, el estilo de interacción lo conocían debido a que lo utilizaron para comprobar si las tarjetas tenían el chip NFC, el tiempo restante lo utilizaron en personalizar las tarjetas. Hicieron dibujos en papeles y posteriormente se los pegaron a las tarjetas correspondientes entre las que recopilaban anteriormente.

Después de leer el libro 9 de los 12 decidieron volver a comenzar el libro porque tenía la curiosidad de que hubiese pasado si hubiesen elegido otras opciones para el protagonista. Los 3 restantes se conformaron con los resultados de sus decisiones y preferían jugar a otro juego.

Errores cometidos por el mecanismo de interacción

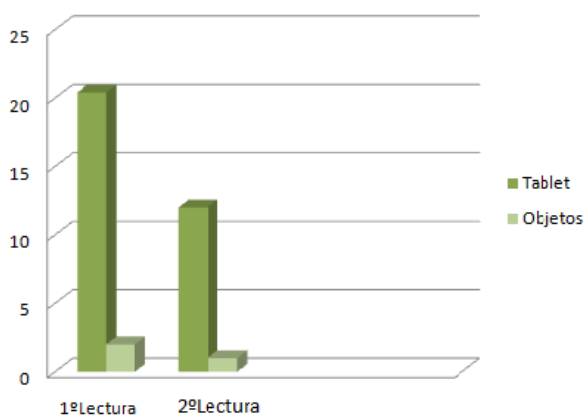


Figura 5. Número de errores cometidos por el mecanismo de interacción utilizado.

Los errores cometidos por el modo de interacción se pueden observar en las gráficas (Ver figura 5). Al principio tuvieron problemas al utilizar la tablet para leer, todos tenían experiencia pero la pantalla era muy sensible y tuvieron que acostumbrarse a pasar de página con un simple toque. Cuando no conseguían pasar de página se ponían nerviosos y se desconcentraban de la tarea

principal que era leer el libro. Cuando por error tocaba la barra de herramientas que por defecto muestran los dispositivos móviles se frustraban porque pensaban que habían perdido la página que estaban leyendo y tenían que volver a empezar. Respecto a la interacción tangible, utilizar los objetos para interactuar fue muy sencillo para ellos, aunque fue necesario indicarles donde estaba el lector NFC de la tablet. También se puede observar en los datos que la segunda vez que leyeron el libro habían interiorizado los mecanismos de interacción y se decrementaron los errores.

A las preguntas que se le hicieron en el post-test, cuando terminaron la tarea respondieron lo siguiente: 10 de los 12 niños disfrutaron leyendo, 2 de ellos comentaron que no les gusta leer que les gusta jugar con los objetos y salir a buscar objetos con sus amigos pero la lectura les aburría. 10 de los 12 comentaron que volverían a utilizar la aplicación porque se habían divertido, uno de los 12 decía que no la volvería a utilizar porque ya lo había hecho y prefería cambiar de aplicaciones constantemente, sino se aburría. 11 de los 12 coincidieron en que lo que más les había gustado del libro-juego había sido la interacción con los objetos y poder tomar las decisiones del protagonista, según ellos, "sentirse los protagonistas del libro", los 12 comentaron que el momento más divertido había sido cuando se habían ido con sus compañeros a buscar tarjetas que contengan el chip NFC. 11 de los 12 niños se ha sentido cómodo buscando tarjetas con sus compañeros excepto uno de ellos que decía que se divertía con ellos pero que no le hacían caso, el quería contribuir con más tarjetas.

Los resultados del test Smileyometer fueron los siguientes: 7 de 12 niños pensaron que los juegos eran 'Brillantes' respecto a 3 de 12 que pensaron que era 'Realmente bueno' y 2 de los 12 restantes dijeron que este era 'Bueno'. Ninguno pensó que era feo.

4.6 Beneficios de la aplicación

El sistema es de bajo coste, la aplicación se puede obtener desde cualquier dispositivo móvil que soporte Android y NFC en su interior (en estos últimos años los dispositivos móviles incorporan la tecnología NFC por defecto).

Las tarjetas se pueden reutilizar fácilmente.

Aumentamos la creatividad de los niños ofreciéndoles el control del sistema y de las interfaces de usuario tangibles.

El usuario además de tomar el rol del protagonista puede personalizar el libro-juego según sus objetivos.

La búsqueda de objetos que integren NFC es un desafío y permiten colaborar con más gente para conseguir el objetivo.

Proporciona una interacción tangible facilitando la interacción del usuario con el sistema. La interacción directa con los objetos permite una mejor comprensión de la tarea. Las interfaces tangibles acentúan la conexión entre el cuerpo y la cognición, facilitando pensar a través de acciones físicas.

La distribución de interfaces de usuario en el entorno nos permite simular la manera de trabajar que tiene el usuario con el exterior, a la hora de distribuirlas hemos tenido en cuenta la interfaz que el usuario va necesitar para enfocarse en la lectura y la hemos diseñado de una forma clara, distribuyendo los controles en las interfaces de usuario tangibles, evitando así distracciones o los posibles errores al utilizar la tablet.

5. CONCLUSIONES

En este artículo proponemos NFCBook. Libro-juego digital basado en interfaces de usuario tangibles. El libro encarna una obra literaria donde el usuario se involucra en la historia decidiendo el destino del protagonista. El libro se ejecuta en un dispositivo móvil. El estilo de interacción está basado en interfaces táctiles y tangibles. Para comenzar a jugar con el libro el usuario debe buscar tarjetas de transportes públicos, turismo, afiliación, etc. que integren NFC en su interior. Una vez encontrados los objetos, son los propios usuarios lo que configuran el juego con las interfaces tangibles disponibles. De esta forma el aprendizaje resulta motivador e inmersivo siendo una característica fundamental de los videojuegos ya que proporcionan una combinación de vivencias, toma de decisiones y análisis de las consecuencias muy prometedoras. La evaluación ha sido positiva, los niños disfrutaron jugando con la aplicación y se consiguió captar su atención para que se centraran en el contenido del libro-juego.

Los mecanismos de interacción basados en interfaces de usuarios tangibles resultaron fáciles de aprender e intuitivos, los errores cometidos fueron por el desconocimiento del lector dentro del dispositivo y por la intensidad de pulsación en el dispositivo móvil. Todos ellos se cometieron al comienzo, cuando se desconocía el estilo de interacción. La oportunidad de buscar sus propias interfaces de usuario tangibles y permitirles su personalización y configuración despertó la curiosidad y motivación por parte de los usuarios. Entre los trabajos futuros se llevará a cabo una evaluación más rigurosa donde se tenga en cuenta factores como son la usabilidad, efectividad, eficiencia, flexibilidad y la libertad de riesgos entre otras, además de profundizar en las mejoras cognitivas de los usuarios después de realizar sucesivas sesiones donde utilicen el sistema. Otra de las partes que se desea mejorar es el componente social, para dar la oportunidad al usuario de leer y jugar con varios jugadores, permitiendo que entre los múltiples jugadores controlen varios protagonistas del libro y entre todos describan el transcurso de la historia.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto nacional CICYT TIN2011-27767-C02-01, los proyectos regionales PPII10-0300-4174, PII2C09-0185-1030 y la Diputación Provincial de Albacete.

7. REFERENCES

- [1] Hyman, J. A., Moser, M. T., & Segala, L. N. (2014). Electronic Reading and Digital Library Technologies: Understanding Learner Expectation and Usage Intent for Mobile Learning. *Educational Technology Research and Development*, 62, 35- 52.
- [2] Ronimus, M., Kujala, J., Tolvanen, A. and Lyytinen, H. 2014. Children's engagement during digital game-based learning of reading: The effects of time, rewards, and challenge. *Comput. Educ.* 71 (February 2014), 237-246. DOI=10.1016/j.compedu.2013.10.008 <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.008>
- [3] Kirby, J.R., Ball, A., Geier, B.K., Parrila, R., Wade-Woolley, L., "The development of reading interest and its relation to reading ability", *Journal of Research in Reading*, vol. 34, 3, 2011, p.263-280
- [4] Eklund, K.M.& Torppa, M.& Lyytinen, H., "Predicting reading disability: early cognitive risk and protective factors", *Dyslexia*, vol. 19, 1, 2013, p.1-10
- [5] Ludlow, B. (2010). The future of reading. *Teaching Exceptional Children*, 43(1), 4.
- [6] Shah, N. (2011). High-tech service unlocks books for pupils (cover story). *Education Week*, 31(10), 1–11.
- [7] Elmqvist, N. Distributed User Interfaces: State of the Art .Workshop on Distributed User Interfaces2011 (DUI) at the 29th ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2011, ISBN: 978-84-693-9829-6, Vancouver, Canadá, May 7-12, 2011.
- [8] Ishii, H. Tangible bits: beyond pixels, *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, February 18-20, 2008, Bonn, Germany [doi>10.1145/1347390.1347392]
- [9] Evain, C. Marco, C.D . Reading with a Difference: eZoomBook and MyGame-4. *Publishing Research Quarterly*. March 2014, Volume 30, Issue 1, pp 50-62
- [10] Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *ACM Computers in Entertainment*, 3(3), 1–24.
- [11] Malone, T.W. (1980). What makes things fun to learn? Heuristics for designing instructional computer games. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGSMALL symposium and the first SIGPC symposium on small systems*. NY: ACM.
- [12] Lepper, M. R., & Malone, T.W. (1987). Intrinsic motivation and instructional effectiveness in computer-based education. In R. E. Snow, & M. J. Farr (Eds.), *Conative and affective process analyses: Vol. 3. Aptitude, learning and instruction* (pp. 255–286). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [13] Coulton, P., Rashid, O., Bamford, W.: Experiencing 'Touch' in Mobile Mixed Reality Games. In: *Proc. of the 4th Intl. Conf. in Computer Game Design and Technology* (2006)
- [14] Broll, G., Graebisch, R., Holleis, P., Wagner, M.: Touch to Play – Mobile Gaming with Dynamic, NFC-based Physical User Interfaces. In: *Proc. MobileHCI 2010* (2010)
- [15] Nandwani, A., Coulton, P., Edwards, R.: NFC Mobile Parlor Games Enabling Direct Player to Player Interaction. In: *Proc. 3rd Int'l. Workshop on NFC* (2011)
- [16] Leichtenstern, K., Andre, E.: Studying Multi-User Settings for Pervasive Games. In: *Proc. MobileHCI 2009* (2009)
- [17] Experimenting with NFC check-ins for Google I/O (May 9, 2011), <http://blog.foursquare.com/2011/05/09/experimenting-with-nfc-check-ins-for-google-io/>
- [18] Hardy, R., Rukzio, E., Holleis, E., Wagner, M.: Mobile interaction with static and dynamic NFC-based displays. In: *Proc. MobileHCI 2010* (2010)
- [19] Sarmenta, L.F.G. Tangible and casual NFC-Enabled mobile games, *Proceedings of the 10th international conference on Pervasive Computing*, June 18-22, 2012, Newcastle, UK [doi>10.1007/978-3-642-31205-2_22]

- [20] Lodge, Sally (2007). «Chooseco Embarks on Its Own Adventure». Publishers Weekly (18 Jan 2007).
- [21] Fleishhacker, Joy (2008). «Fresh Approaches: Noteworthy New Editions and Reissues». School Library Journal (28 April 2008).
- [22] Packard, E., El castillo prohibido, n° 27 in Elige tu propia aventura, Buenos Aires, Editorial Atlántida, 1982, sexta edición de 1995, título original: The Forbidden Castle.
- [23] Caird-Daley, A. Training decision making using serious games: Requirements analysis for decision making training.
- [24] Preece J. et al. "Human Computer Interaction" ISBN: 0-201-62769-8. Addison Wesley.
- [25] Read, J. C., MacFarlane, S. J., & Casey, C. (2002). Endurability, engagement and expectations: Measuring children's fun. Paper presented at the Interaction Design and Children, Germany
- [26] O'Hara, K., Understanding geocaching practices and motivations, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April 05-10, 2008, Florence, Italy [doi>10.1145/1357054.1357239]
- [27] Bruce D. Homer, Charles K. Kinzer, Jan L. Plass, Susan M. Letourneau, Dan Hoffman, Meagan Bromley, Elizabeth O. Hayward, Selen Turkay, Yolanta Kornak: Moved to learn: The effects of interactivity in a Kinect-based literacy game for beginning readers. Computers & Education 74: 37-49 (2014)
- [28] García-Vergara, S., Brown, L.V. Park, H.W. Howard, A.M.. Engaging Children in Play Therapy: The Coupling of Virtual Reality Games with Social Robotics. Technologies of Inclusive Well-Being. Studies in Computational Intelligence Volume 536, 2014, pp 139-163

Lenguaje de Modelado de Juegos de Tablero Híbridos

Javier Marco
GIGA Affective Lab
Universidad de Zaragoza
Campus Río Ebro
Zaragoza
+34976761916
javi.marco@unizar.es

Eva Cerezo
GIGA Affective Lab
Universidad de Zaragoza
Campus Río Ebro
Zaragoza
+34976762356
ecerezo@unizar.es

Sandra Baldassarri
GIGA Affective Lab
Universidad de Zaragoza
Campus Río Ebro
Zaragoza
+34976762357
sandra@unizar.es

ABSTRACT

En este trabajo se presenta un Lenguaje de Modelado de Interfaces Tangibles de Usuario (LMITU), que permite a diseñadores crear y expresar juegos híbridos basados en interacción tangible. Este lenguaje se basa en una representación visual jerarquizada de todas las piezas de juego involucradas en una aplicación, las manipulaciones que tienen significado en el juego y las relaciones que se establecen entre las distintas piezas. Dicha representación sirve de puente entre la fase de diseño y la fase de implementación de la aplicación, ya que ésta se puede traducir automáticamente en un lenguaje entendible por un sistema informático, como XML. Este artículo presenta también una prueba de uso, en la que varios diseñadores de interfaces crearon y prototiparon nuevas piezas de juego para un dispositivo tabletop, utilizando LMITU como soporte.

Categorías y Términos Descriptores

H5.2. User Interfaces: Interaction styles, prototyping, Evaluation Methodology. D.2.2 Design Tools and Techniques. User Interfaces.

Términos Generales

Design.

Palabras clave

Juego híbrido, modelado, tangible, tabletop, piezas de juego, token, diseño

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Un campo emergente en el área de la Interacción Persona-Ordenador es la exploración de nuevas técnicas de interacción que aproximen el entorno físico y el virtual. En este contexto, el paradigma de Interfaces Tangibles de Usuario (ITU) busca dar forma física a la información digital contenida en una aplicación, enlazando las manipulaciones de los usuarios sobre objetos convencionales, con la información digital contenida en el sistema informático [10].

Un tipo de ITU que actualmente está siendo especialmente prolífico son los juegos híbridos: aplicaciones de juego que combinan la forma de juego tradicional con las nuevas posibilidades que aporta aumentar el espacio de juego con imagen y audio digital. Los nuevos dispositivos tabletop (mesas

interactivas aumentadas digitalmente) [17, 22, 19] se están mostrando como un entorno idóneo para la puesta en práctica de juegos híbridos [6] [14]. Tradicionalmente, los juegos de mesa han sido el soporte habitual de actividades de entretenimiento social, ya que fomentan la interacción entre los jugadores [20]. En un juego de mesa, los jugadores interaccionan por turnos o en paralelo con el juego distribuyendo piezas de juego sobre el tablero. Adaptar este tipo de juego a un dispositivo tabletop permitiría mantener las piezas de juego en el espacio físico, y aumentar digitalmente el espacio de juego, y reforzando así el impacto emocional sobre el jugador [11, 7]. Además, la manipulación de piezas convencionales de juego hace que la interacción con la aplicación informática sea más natural y accesible a otros usuarios, como los niños pequeños [17], los usuarios con discapacidad [15] y los ancianos [2].

Siendo los videojuegos híbridos aún un campo muy reciente, los diseñadores y desarrolladores que desean crear este tipo de aplicaciones, se tienen que enfrentar a nuevos e importantes desafíos de diseño y técnicos, lo que se traduce en un ensanchamiento de la brecha entre los procesos de diseño e implementación [24]. El trabajo del diseñador se centra en explorar y aprovechar las características físicas de los objetos para la interacción con la aplicación informática, mientras el trabajo del desarrollador implica la integración de componentes hardware (sensores y actuadores) que permitan a los objetos sentir y actuar sobre su entorno físico y acoplarse con la aplicación informática.

En paradigmas de interacción más tradicionales, como el WIMP (Windows, Icon, Menu, Pointer), es habitual el uso de asistentes gráficos [4, 13] y lenguajes de marcas [1] para aproximar los procesos de diseño e implementación de interfaces de usuario. Estas herramientas permiten a los diseñadores representar fácilmente sus diseños mediante representaciones que pueden ser inmediatamente utilizadas en el desarrollo de la aplicación. Sin embargo, en el contexto de las ITU, no existen hasta el momento herramientas equivalentes que den soporte a ambos procesos de diseño e implementación.

A pesar de que en la literatura se encuentran propuestas para definir y categorizar ITUs [9], en la actualidad no hay una única aproximación al problema de representar las infinitas posibilidades que ofrecen los objetos convencionales durante el diseño de una ITU. El paradigma Token [8] fue una de las primeras y más aceptadas aproximaciones a la formalización del acoplamiento entre objetos físicos e información digital. Este paradigma sería más tarde actualizado por Shaer y Jacob [22] en el paradigma Token+Constraint+TAC, el cual introduce un conjunto de términos y herramientas para describir, de forma sistemática, la estructura y funcionalidad de un amplio conjunto de ITUs. Este paradigma pretende dar soporte al diseño de ITUs, permitiendo al diseñador expresar sus conceptos sin limitaciones en las posibilidades manipulativas de los objetos involucrados en

la aplicación. Además, Shaer y Jacob, basándose en el paradigma Token+Constraint+TAC, proponen un Lenguaje de Modelado de Interfaces Tangibles de Usuario (LMITU) para sistematizar la representación de cualquier ITU. Con este lenguaje, los diseñadores elaboran una representación visual de su ITU, en la que se reflejan fielmente las diferentes relaciones entre los objetos físicos y la información digital. La principal contribución del LMITU es que dichas representaciones visuales se pueden trasladar de forma automática a un lenguaje informático, como por ejemplo XML, sirviendo así de puente al proceso de implementación de ITUs.

El presente trabajo presenta ToyVisión LMITU: una adaptación del LMITU propuesto por Shaer y Jacob al contexto de los juegos híbridos para dispositivos tabletop. El artículo expone, en la sección 2, los conceptos y herramientas propuestos para la representación de juegos híbridos basados en la manipulación de piezas de juego sobre un dispositivo tabletop. Seguidamente, la sección 3, presenta una prueba de ToyVisión LMITU llevada a cabo con diseñadores. Finalmente, se dan unas conclusiones del trabajo realizado y las posibles líneas de trabajo futuro.

2. ToyVisión LMITU

ToyVisión LMITU parte del LMITU de Shaer y Jacob, adoptando los términos token, constraint y TAC para representar las relaciones entre los objetos y la información digital en un ITU, pero añadiendo tres categorías de tokens (simple, identificado y deformable), con el fin de representar diferentes roles de piezas de juego en juegos de tablero (ver fig. 1).

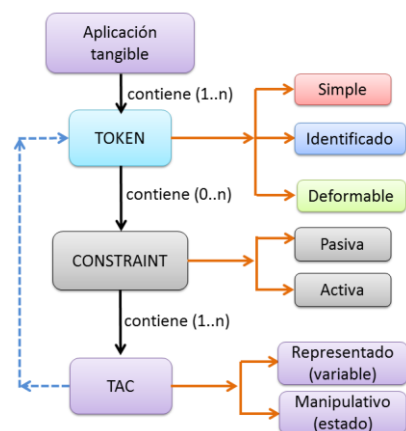


Figura 1. Representación visual LMITU basada en el paradigma Token+Constraint+TAC

La subsección 2.1 detalla el conjunto de términos y categorías del LMITU que se usan para representar una; la subsección 2.2 detalla la traducción de esta representación en lenguaje informático; finalmente, la subsección 2.3 describe una aplicación asistente gráfico que da soporte la elaboración de representaciones LMITU y el testeo de piezas de juego en un dispositivo tabletop basado en hardware visual.

2.1 Categorías y representación de juegos híbridos

Como se puede ver en la figura 1, una ITU se compone de un conjunto de objetos cuya manipulación provoca algún efecto en la aplicación. A cada uno de estos objetos se le denomina **token**. Las propiedades físicas del objeto dan indicio al usuario de la forma en que el token tiene que ser manipulado para interactuar en la aplicación. En el contexto de los juegos de tablero, la apariencia

física de las piezas de juego define su rol en el juego; por ejemplo, el color de una pieza generalmente identifica al jugador al que pertenece. Basándose en los diferentes roles de las piezas de juegos de tablero, ToyVisión LMITU distingue tres tipos de tokens: simple, identificado o deformable (ver fig. 2).



Figura 2. Piezas de juego convencionales clasificadas como (A) tokens simples, (B) tokens identificados, (C) tokens deformables

- Token Simple (fig. 2A). El tipo de pieza más común en los juegos de tablero son los tokens simples. Juegos como las Damas, la Oca, o el Parchís, constan de un número limitado de piezas idénticas, las cuales se distribuyen en el tablero respetando unas reglas. Físicamente, los token simples suelen ser pequeñas piezas con forma de disco idénticas entre sí, con la excepción del color que se usa para identificar al jugador o para asignar diferentes valores numéricos (dinero, puntos, etc.)
- Token Identificado (fig. 2B). Este tipo de piezas poseen un rol específico en el juego que las distingue del resto, y por el que reciben un nombre propio. El jugador distingue estas piezas por su apariencia física. Un ejemplo es el Ajedrez: la torre tiene una apariencia diferente a la del peón, y por ello están sujetas a diferentes reglas.
- Token deformable (fig. 2C). Son piezas que no tienen una forma física constante, sino que cambia con las manipulaciones del jugador. Están construidas con materiales maleables, como tela, plastilina o papel. Se usan este tipo de piezas en actividades de manualidades.

En algunos juegos, la manipulación de los tokens no solo se realiza en relación al tablero, sino también en relación a otro token, de forma que un este último actúa de contenedor de otros tokens. El token contenedor consta de una o más restricciones físicas (**constraints**) que imponen un límite a la manipulación de otros tokens. Dependiendo de quién realiza estas manipulaciones, si el usuario o el sistema informático, un constraint puede ser de dos tipos:

- Constraint pasivo: Es el usuario el que manipula uno o varios tokens dentro de los límites físicos impuestos por constraint. El usuario manipula estos tokens de dos posibles formas:
 - Asociando: Insertando, extrayendo o reordenando tokens dentro de los constraints, se asignan diferentes estados al token en el ITU. Por ejemplo, las piezas del juego de tablero Trivial Pursuit están divididas en seis compartimentos (constraints), en las que el jugador va insertando pequeños tokens de color para representar su estado a lo largo del juego.
 - Manipulando: Trasladando o rotando tokens dentro de un constraint, se varía el estado del token "contínente" en la ITU. Por ejemplo, una ruleta de juego se compone de una manecilla rotatoria que el usuario manipula para hacerla girar y así obtener un número aleatorio.
- Constraint activo: Es el sistema informático el que produce un cambio de estado físico en la pieza de juego. Este

comportamiento reactivo se realiza a través de uno o varios actuadores electrónicos (motores, luces...) embebidos en el objeto y conectados con el sistema informático. Las manipulaciones activas se representan mediante constraints, dado que los actuadores electrónicos actúan dentro de un rango limitado (restricción).

Las diferentes relaciones que se establecen entre los tokens a través de sus constraints se describen mediante TACs (Token And Constraint). Un TAC relaciona un token con un constraint de modo que la manipulación de dicho token fuera del constraint no tiene ningún efecto en la aplicación tangible, pero su manipulación dentro del constraint adquiere un significado específico en la aplicación. Dependiendo de cómo se describe este significado, un TAC se define como representativo o manipulativo:

- TAC representativo: el significado de la manipulación del token dentro del constraint se representa numéricamente (variable dentro de un rango de valores). Este valor mide una propiedad física del token manipulado dentro de un constraint pasivo, o un valor numérico a ser aplicado a un actuador electrónico asociado a un constraint activo. En el ejemplo de la ruleta de juego, un TAC representativo relacionaría la manecilla rotatoria con la base de la ruleta, y contendría el valor del número aleatorio al que la manecilla apunta.
- TAC manipulativo: El significado de la manipulación del token dentro del constraint se representa por un nombre. Este nombre describe un estado específico del token dentro del constraint pasivo, o de un actuador electrónico embebido en el objeto. En el ejemplo de la pieza del Trivial Pursuit, un conjunto de TACs manipulativos representarían cada una de las categorías del juego por su nombre (ciencias, literatura...).

La representación visual en LMITU permite a los diseñadores expresar de forma completa cualquier concepto de juego híbrido, facilitando con ello la comunicación con los desarrolladores de la aplicación informática que soportará dicho concepto. Más aún, la propia naturaleza del LMITU hace que su traslado a lenguaje informático pueda ser realizado de forma automática y sistemática por una aplicación informática, como se describe en las siguientes subsecciones.

2.2 Representación en lenguaje informático

La estructura jerárquica Token+Constraint+TAC del LMITU la hace especialmente apropiada para ser representada con lenguajes de marcas como XML. La figura 3 muestra una especificación en XML cuya sintaxis puede expresar cualquier representación visual LMITU en lenguaje de marcas.

```

<ITU>
<NombreToken_1
  tipo={simple/identificado/deformable}>
  <NombreConstraint_1
    manipulación={activo/
      asociativo/
      manipulativoH/
      manipulativoV/
      manipulativoR} >
    <NombreTAC_1 Token="NombreToken"
      Tipo={estado/variable} />
  ...

```

```

<NombreTAC_n Token="NombreToken"
  Tipo={estado/variable} />
</NombreConstraint_1>
...
<NombreConstraint_n>
  ...
</NombreConstraint_n >
</TokenName_1>
...
<NombreToken_n>
...
</NombreToken_n>
</ITU>

```

Figura 3. Especificación en lenguaje XML de cualquier ITU

Esta sintaxis en XML permite aproximar los procesos de diseño e implementación de juegos híbridos, ya que ofrece a diseñadores e implementadores un lenguaje único y común capaz de representar fielmente todas las manipulaciones relevantes para la aplicación en desarrollo.

Como se ha mencionado previamente en la introducción, en el paradigma WIMP son populares las aplicaciones asistentes gráfico, las cuales permiten diseñar gráficamente la interface. Gracias a una sintaxis en lenguaje de marcas, estos asistentes son capaces de generar código automático utilizable durante el proceso de implementación. De igual forma, partiendo de la representación visual en LMITU y de la sintaxis en XML, en este trabajo hemos implementado una aplicación asistente gráfico orientada a dar soporte al diseño e implementación de juegos híbridos para dispositivos tabletop.

2.3 Asistente gráfico

El asistente gráfico de ToyVisión está orientado a dar soporte a la creación de juegos híbridos para dispositivos tabletop basados en hardware visual [21]. Este tipo de dispositivos son especialmente adecuados para la implementación de ITUs, ya que, simplemente adhiriendo un marcador impreso (fiducial) a la base de los objetos, el hardware visual del tabletop es capaz de identificar de forma muy robusta las manipulaciones de los objetos sobre la superficie de la mesa [12, 17]. Para la implementación de comportamientos reactivos, el asistente gráfico da soporte a una amplia variedad de actuadores electrónicos [16] mediante la plataforma de hardware libre Arduino [3].

La interfaz gráfica del asistente se divide en dos áreas (ver fig. 4). El área izquierda muestra en tiempo real la imagen capturada por el sensor visual del dispositivo tabletop. A la derecha se encuentra el área de trabajo: en ella el diseñador monta la representación visual de ITU en LMITU. En la parte inferior se encuentran las herramientas con los distintos tipos de tokens, constraints y TACs, los cuales pueden ser arrastrados hasta el área de trabajo para componer la representación visual del ITU.



Figura 4. Asistente gráfico

El proceso de especificar un nuevo token comienza eligiendo su categoría (simple, identificado o deformable), arrastrándolo del área de herramientas hasta el espacio de trabajo. Para su creación, el asistente gráfico solicita introducir su nombre, y cierta información adicional dependiente de la categoría a la que pertenece:

- Simple: El diseñador define el tamaño aproximado de las piezas de juego, y cuántos tipos de piezas diferentes se usarán en el juego (normalmente el número de jugadores).
- Identificado: El diseñador asigna, a partir de una lista predefinida, un fiducial único, el cual, una vez impreso y pegado a la base de la pieza de juego, permitirá al tabletop detectar e identificar a dicho token por su nombre.
- Deformable. El diseñador dibuja un rectángulo en la zona de imagen del sensor del tabletop. Con ello, todos los blobs (objetos sin fiducial en su base), cuyo tamaño sea inferior al área del rectángulo especificado, serán identificados como este token.

Una vez creado el token, se le puede añadir uno o más constraints arrastrándolos de la barra de herramientas hasta dicho token en el espacio de trabajo y dando al nuevo constraint un nombre único. La especificación de un nuevo constraint varía según su tipo:

- Pasivo: Sobre la imagen capturada por el sensor del tabletop, el diseñador dibuja un rectángulo que contenga el área de restricción de la pieza del juego donde otros token pueden ser manipulados.
- Activo: El diseñador elige de una lista predefinida, el actuador electrónico embebido en la pieza de juego.

Por último, el diseñador asocia al menos un componente TAC a cada constraint, identificando cada TAC por un nombre único. El proceso de especificación del TAC depende del tipo de constraint al que está conectado:

- TACs asociados a un constraint pasivo: El diseñador elige, de una lista predefinida, el tipo de manipulación pasiva que tiene significado para la aplicación (ver fig. 3), y crea un enlace entre el TAC y el token que puede ser manipulado dentro del constraint.
- TACs asociados a un constraint activo: El diseñador simplemente elige el valor numérico o intervalo de valores a ser aplicados al actuador electrónico.

Una vez creada la representación en LMITU, el diseñador tiene la posibilidad de probarla, manipulando directamente las piezas de juego sobre la superficie del tabletop. En el asistente gráfico se marcará visualmente los TACs pasivos que se van activando y desactivando con las distintas manipulaciones (ver fig. 5). También se pueden probar los TACs activos, pulsando sobre su representación LMITU, lo cual provocará que el actuador embebido en el objeto cambie su estado.

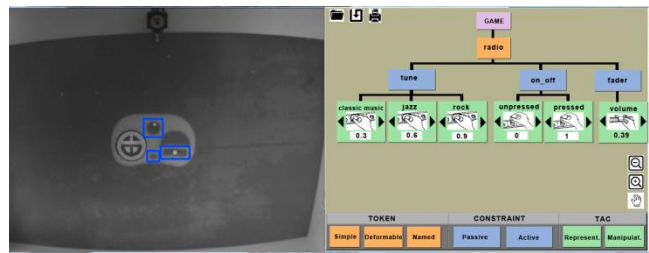


Figura 5. Probando una pieza de juego en el asistente gráfico

ToyVisión LMITU y la aplicación asistente gráfico son herramientas orientadas a dar soporte a diseñadores de interfaces durante la creación de nuevos conceptos de juegos híbridos. Para evaluar la utilidad de estas herramientas, se organizó una sesión de trabajo con diseñadores, los cuales tuvieron su primer contacto con el diseño de juegos híbridos a través de ToyVisión LMITU.

3. PRUEBAS CON USUARIOS

Durante un simposio internacional en Interacción Persona-Ordenador, se organizó un taller de trabajo con ToyVisión LMITU y su asistente gráfico.

El taller tuvo una duración de tres horas y media y participaron siete diseñadores: Seis estudiantes de máster y un profesor universitario, todos en el campo del diseño de interacción. Cinco participantes tenían alguna experiencia previa en el diseño de ITU.

Durante la sesión, cada participante tuvo que idear y construir una pieza de juego para ser usada en un juego para tabletop. La sesión se dividió en tres fases:

1. Una introducción a los juegos híbridos para tabletop (15 minutos). Los participantes tuvieron un primer contacto con un dispositivo tabletop mediante varios ejemplos.
2. Breve descripción de ToyVisión (30 minutos). Se introdujo a los participantes al paradigma Token+Constraint+TAC. También se proporcionó a cada participante una plantilla de ToyVisión LMITU (ver fig. 1).
3. Creación del concepto (30 minutos). Los participantes trabajaron individualmente ideando un concepto de pieza de juego para ser utilizada en un juego híbrido para tabletop. Cada participante tuvo también que representar en papel su pieza de juego mediante LMITU.
4. Prototipado (120 minutos). Los participantes construyeron prototipos sencillos de sus conceptos. Para ello, tenían a su disposición materiales de manualidades como lápices, papel, cartón, tijeras, pegamento, etc. (ver fig. 6). Los participantes disponían además de un dispositivo tabletop instalado en la sala, con un ordenador con el asistente gráfico para introducir su representación LMITU y probar su pieza de juego (ver fig. 7).



Figura 6. Diseñadores generando prototipos en el taller de ToyVisión LMITU



Figura 7. Diseñadores probando las piezas de juego a través del asistente gráfico de ToyVisión

Dos coordinadores dieron apoyo durante la sesión. Uno estuvo a cargo de introducir a los participantes a cada una de las tareas del taller, explicar el uso de ToyVisión LMITU y dar soporte técnico durante el prototipado. El otro coordinador estuvo a cargo de la tarea de observación, anotando especialmente los problemas y preguntas manifestadas por los participantes.

Al final de la sesión, todos los participantes tenían terminadas sus piezas de juego (ver fig. 8), así como su representación visual en ToyVisión LMITU.

A continuación se exponen y describen cinco de los prototipos creados y su representación visual.



Figura 8. Piezas de juego creadas durante el taller de ToyVisión LMITU

La figura 9 muestra un prototipo de pieza de juego que simula un tanque para un juego de acción en el tabletop. La orientación de la torre se controla moviendo una ficha roja por el rail circular (constraint). El disparo del misil se realiza pulsando sobre el orificio circular (constraint) en la parte superior. La representación en ToyVisión LMITU refleja todos los tokens involucrados en la aplicación: el propio token del tanque, la ficha roja desplazable y el dedo del usuario. Las restricciones físicas contenidas en el token “tanque” se representan por dos constraint pasivos, y reflejan el tipo de manipulación que soportan: rotación de la torreta del tanque con la ficha roja, y asociar un token dedo en el caso del disparo del misil. Cada constraint tiene asociado un TAC que se activará cuando el usuario realice una de estas manipulaciones con el token asociado a cada TAC. Así, cuando el usuario pulse con el dedo sobre el constraint de “disparo”, se activará el TAC “fuego”. Igualmente, cuando el usuario rote la “ficha” roja por el rail circular del tanque, se activará el TAC “orientación”, que es representado por un valor numérico correspondiente a los grados en los que la ficha se encuentra orientada respecto al centro del token “tanque”.

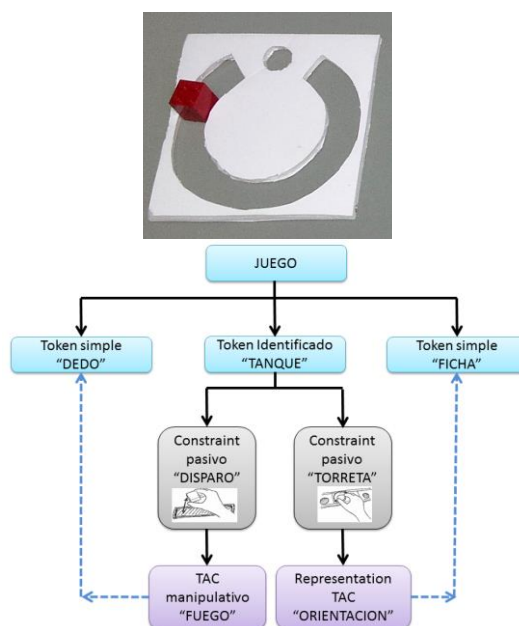


Figura 9. Prototipo de juguete que simula un tanque y su representación LMITU

La figura 10 muestra el prototipo de un juguete de piano para una aplicación de música en un tabletop. Las teclas del piano han sido diseñadas para que su posición natural esté ligeramente levantada, y puedan ser así pulsadas por el usuario para simular teclas de piano. En este caso, el token “piano” no presenta un área física que limite la manipulación de los tokens “tecla”, sino que dichas teclas están restringidas en su movimiento relativo al piano para que el usuario asocie las teclas pulsando sobre ellas, y apoyándolas sobre la superficie del tabletop. Esta manipulación se representa del siguiente modo en ToyVisión LMITU: la restricción mecánica de las teclas se representa como constraints asociativos, uno para cada una de las notas musicales. La relación entre los tokens simple “tecla”, y los constraints se representan mediante TACs “pulsado”, que se activan cuando el usuario pulsa cada una de las teclas del piano.

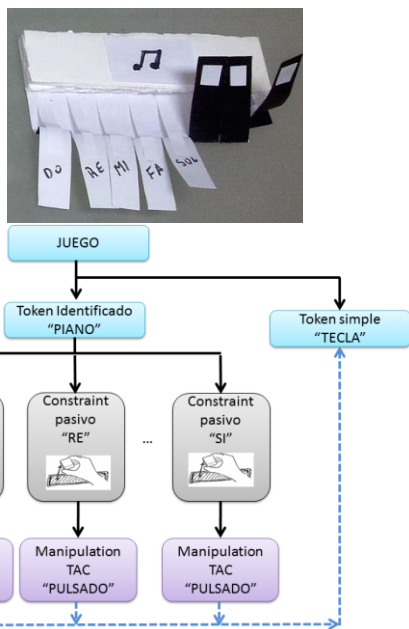


Figura 10. Prototipo de juguete de piano y su representación LMITU

La Figura 11 muestra otro prototipo de instrumento musical para tabletop, en este caso con forma de estrella. El usuario dispara notas musicales pulsando sobre los brazos de la estrella. Además se puede regular el tono del sonido rotando el disco central de la estrella. Su LMITU contiene los tres tokens involucrados en la aplicación: la estrella, los dedos del usuario, y el disco rotable. El token “estrella” contiene cinco constraints pasivos para cada uno de los brazos de la estrella con la manipulación asociativa, representando las áreas donde al pulsar se disparará cada nota musical, y un constraint pasivo para el área donde encaja el disco rotable, representando este tipo de manipulación. Mediante TAC “pulsado”, se relacionan los tokens “dedo” con las áreas de constraint de las notas musicales, activándose cuando el usuario pulse sobre cualquier de ellas. El TAC “tono” relaciona el token “disco” con el constraint “centro”, y su estado es representado con el valor numérico de la orientación del disco insertado.

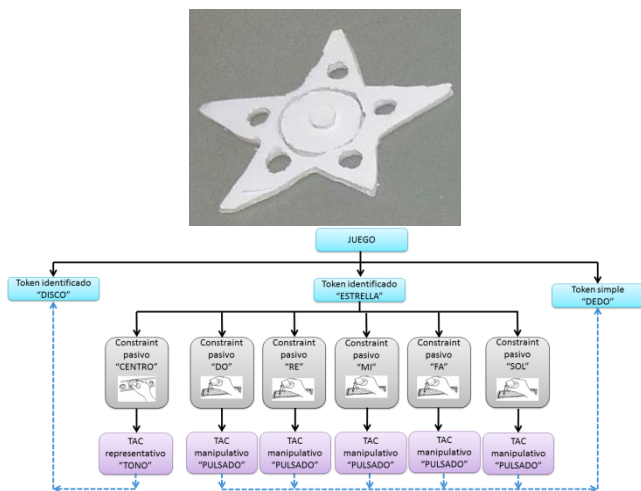


Figura 11. Prototipo de juguete musical y su representación LMITU

La figura 12 muestra una pieza para tocar el tambor en un juego para tabletop. La pieza simula dos tambores; pulsar en uno daría un sonido de tambor bajo, y en el otro un sonido agudo. Su representación en ToyVisión LMITU muestra los tokens involucrados: la pieza del tambor y los dedos del usuario. El tambor contiene dos áreas constraint pasivas (“grave” y “agudo”) donde el usuario asociará su dedo. Dicha relación se establece en cada constraint con TACs “pulsado”, activándose cuando el usuario pulse en cada área.

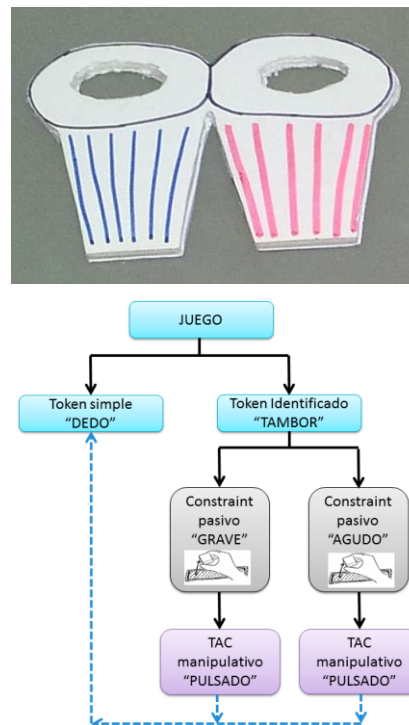
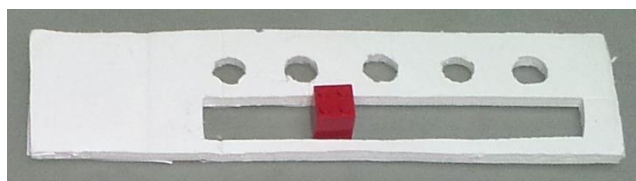


Figura 12. Prototipo de juguete tambor y su representación LMITU

La figura 13 muestra una pieza para un juego de acción espacial tipo “Space Invaders”, en un tabletop. El usuario dispararía distintos misiles pulsando sobre las áreas circulares de la parte superior. Las naves enemigas a su vez dispararían hacia la pieza, y el usuario tendría que protegerla moviendo la ficha roja, la cual representa un escudo de defensa que bloquea los misiles. El LMITU contiene los tres tokens involucrados en el juego, la pieza de la nave, los dedos del usuario y la ficha roja. La nave tiene cinco constraints pasivos con manipulación asociativa para realizar los disparos, y un constraint pasivo con manipulación de desplazamiento horizontal para realizar el movimiento del escudo defensivo. Los constraints de disparo están relacionados con los tokens dedos a través de los TACs “fuego”, que se activarán cuando el usuario pulse en alguna de dichas áreas. El TAC “posición” relaciona el escudo de “defensa” con el token “ficha”, y su posición es representada por un valor numérico.



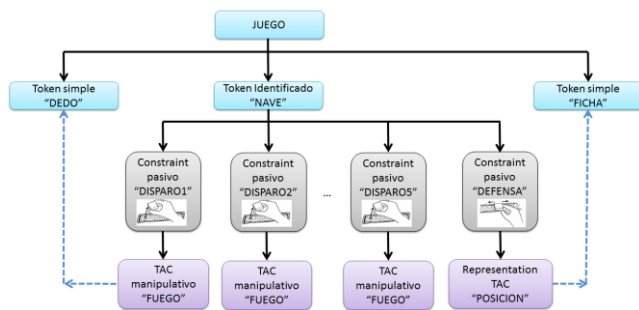


Figura 13. Prototipo de control para un juego espacial y su representación LMITU

Al final de la sesión de trabajo, los organizadores repartieron a los asistentes un cuestionario, en el que los asistentes pudieron expresar su experiencia con ToyVisión LMITU y su asistente gráfico. El cuestionario se componía de dos preguntas de libre redacción (“¿Qué funcionalidades echas en falta en ToyVisión?” y “Expresa tu comentario general sobre ToyVisión”), y un cuestionario SUS [5]. Los cuestionarios SUS ofrecen una herramienta rápida y sencilla para medir la usabilidad de herramientas en contextos muy amplios. Se compone de 10 cuestiones de percepción subjetiva (ver tabla 1), puntuadas por los participantes en una escala de 1 a 7 siendo 1 la respuesta “totalmente en desacuerdo”, y 7 “totalmente de acuerdo”.

Tabla 1. Cuestionario SUS usado en la sesión

1. Me gustaría usar ToyVisión con frecuencia
2. Encuentro a ToyVisión innecesariamente complejo
3. Opino que ToyVisión ha sido fácil de usar
4. Pienso que necesitaría soporte de una persona técnica para ser capaz de usar ToyVisión
5. He encontrado las distintas funciones de ToyVisión bien integradas
6. Pienso que hay mucha inconsistencia en ToyVisión
7. Imagino que a la mayoría de la gente les costará aprender a usar ToyVisión
8. El uso de ToyVisión me ha parecido muy incómodo
9. Me he sentido confiado mientras usaba ToyVisión
10. He necesitado aprender muchas cosas antes de ponerme a usar ToyVisión

Tras analizar el resultado del cuestionario, se obtuvo una media de puntuación de cuestionario SUS de 56.5 (siendo la puntuación máxima 100). De la puntuación SUS y de las notas de los cuestionarios se extrae que, en general, los asistentes acogieron con satisfacción el LMITU como herramienta para representar nuevas piezas de juego para dispositivos tabletop. Si bien expresaron no haber tenido dificultades para entender de forma abstracta los conceptos involucrados en el LMITU, sí que en general alegaron falta de tiempo en la sesión para familiarizarse adecuadamente con el uso práctico del LMITU y el asistente gráfico. Así mismo, los participantes también reclamaron una mejor documentación para facilitar el aprendizaje de dichas herramientas. Las sugerencias expresadas por los participantes

están siendo la base de trabajo para la siguiente versión del asistente gráfico.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado un Lenguaje de Modelado de Interfaces Tangibles de Usuario denominado ToyVisión LMITU que permite la representación sistemática de juegos híbridos destinados a ser jugados en una superficie horizontal aumentada digitalmente (tabletop). Esta herramienta permite a diseñadores de interfaces crear una representación gráfica de las manipulaciones físicas involucradas en el juego y de las relaciones que se establecen entre las diferentes piezas de juego.

El lenguaje se ha validado realizando pruebas con usuarios durante una sesión de trabajo con varios diseñadores de interfaces. A pesar de la corta duración de dicha sesión, cada participante ideó, representó en LMITU y prototipo físicamente, innovadoras piezas de juego para dispositivos tabletop.

En el trabajo futuro más inmediato se está realizando una nueva versión del asistente gráfico más intuitivo, con más ayudas y documentación para el diseñador. A más largo plazo, se está contemplando su expansión a otros tipos de hardware, no solo a tabletops basados en hardware visual.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el gobierno de España a través del contrato DGICYT TIN2011-24660. Queremos agradecer a Elisa Ubide, por su participación en el desarrollo del framework ToyVision.

6. REFERENCIAS

- [1] Abrams, M., Phanouriou, C., Batongbacal, A. L., Williams, S. M., & Shuster, J. E. (1999). UIML: an appliance-independent XML user interface language. *Computer Networks*, 31(11), 1695-1708.
- [2] Al Mahmud A., Mubin O., Shahid S., Martens J.B. 2008. Designing and Evaluating the Tabletop Game Experience for Senior Citizens. *Proceeding: NordiCHI*, October, 20-22.
- [3] Arduino: <http://www.arduino.cc>
- [4] Bächle, M., & Kirchberg, P. (2007). Ruby on Rails. *IEEE Software*, 24(6), 105-108.
- [5] Brooke, J. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189, 194.
- [6] Heijboer M, and van den Hoven, E. 2008. Keeping up appearances: interpretation of tangible artifact design. *Proc. of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges (NordiCHI '08)* pp162-171
- [7] Hinske, S. and Langheinrich, M. 2009. W41K: digitally augmenting traditional game environments. *Proc. of the 3rd international Conference on tangible and Embedded interaction (2009)*. TEI '09, 99- 106.
- [8] Holmquist, L. E., Redström, J., & Ljungstrand, P. 1999. Token-based access to digital information. In *Handheld and Ubiquitous Computing* (pp. 234-245). Springer Berlin Heidelberg.
- [9] Hornecker, E., & Buur, J. 2006. Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (pp. 437-446). ACM.

- [10] Ishii, H., & Ullmer, B. 1997. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (pp. 234-241). ACM.
- [11] Iwata, T., Yamabe, T., Poloj, M., and Nakajima, T. 2010. Traditional games meet ICT: a case study on go game augmentation. Proc. of the fourth international conference on tangible, embedded, and embodied interaction (TEI '10). Pp. 237-240.
- [12] Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., & Kaltenbrunner, M. (2007, February). The reactTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. In Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction (pp. 139-146). ACM.
- [13] Keegan, P., Champenois, L., Crawley, G., Hunt, C., & Webster, C. (2005). Netbeans™ ide field guide: developing desktop, web, enterprise, and mobile applications. Prentice Hall Press.
- [14] Leitner, J., Haller, M., Yun, K., Woo, W., Sugimoto, M., Inami, M., Cheok, A. D., and Been-Lirn, H. D. 2010. Physical interfaces for tabletop games. *Comput. Entertain.* 7, 4, Article 61 (January 2010), 21 pages.
- [15] Li, Y., Fontijn, W., and Markopoulos, P. 2008. A tangible Tabletop Game Supporting Therapy of Children with Cerebral Palsy. 2nd International Conference on Fun and Games, Springer-Verlag, pp. 182-193.
- [16] Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2013, February). ToyVision: a toolkit to support the creation of innovative board-games with tangible interaction. In Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (pp. 291-298). ACM.
- [17] Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S., Mazzone, E., & Read, J. C. (2009, September). Bringing tabletop technologies to kindergarten children. In Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology (pp. 103-111). British Computer Society.
- [18] PixelSense Web: <http://www.microsoft.com/en-us/pixelsense/default.aspx>
- [19] Reactable Web: <http://www.reactable.com/>
- [20] Rogers, Y. and Rodden, T. 2004. Configuring spaces and surfaces to support collaborative interactions. In O'Hara, K., Perry, M., Churchill, E. and Russell, D. (eds.) *Public and Situated Displays*. Kluwer Publishers. pp. 45-79.
- [21] Schöning, J., Hook, J., Bartindale, T., Schmidt, D., Oliver, P., Echtler, F. & von Zadow, U. (2010). Building interactive multi-touch surfaces. In *Tabletops-Horizontal Interactive Displays* (pp. 27-49). Springer London.
- [22] Shaer, O. and Jacob, R.J.K. 2009. A specification paradigm for the design and implementation of tangible user interfaces. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 16, 4, Article 20 (November 2009).
- [23] SmartTable Web: <http://smarttech.com/table>
- [24] Ullmer, B., and Ishii, H. (2000) Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3), pp. 915-931

IPO y Salud

Evaluación de una herramienta de soporte a usuarios con Necesidades Complejas de Comunicación

Sandra Baldassarri, Javier Marco, Eva Cerezo
GIGA Affective Lab
Computer Science Department
Universidad de Zaragoza
Spain
{sandra,jmarco,ecerezo@unizar.es}

Lourdes Moreno
Grupo LaBDA
Computer Science Department
Universidad Carlos III de Madrid
Spain
lmoreno@inf.uc3m.es

RESUMEN

Las personas que tienen limitaciones para comunicarse suelen utilizar Productos de Apoyo para participar en la sociedad, para estar en familiar, en la escuela, etc. Como los usuarios finales tienen necesidades diferentes de comunicación, existe una gran variedad de dispositivos para la Comunicación Alternativa y Aumentativa (CAA). En este artículo, se presenta AraBoard, una herramienta CAA desarrollada con el propósito de facilitar la comunicación funcional a personas con necesidades complejas de comunicación. Para garantizar la calidad de la herramienta, se ha llevado a cabo un proceso de evaluación con la participación de usuarios y también de expertos. En este trabajo se presenta la evaluación experta, para la cual se ha utilizado como instrumento un listado de puntos de chequeo (*checklist*) elaborado previamente a partir de una revisión de la normativa y literatura relativa. Así, por un lado se proporciona un recurso para evaluar herramientas CAA, y por otro lado se muestran los resultados de la evaluación, los cuales reflejan un alto nivel de accesibilidad en la herramienta AraBoard. Asimismo se presentan algunas sugerencias que se han obtenido para integrar nuevas funcionalidades en la herramienta.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *interaction styles, input devices and strategies, user-centered design, style guides, evaluation/methodology.*

Términos Generales

Diseño, Factores Humanos, Verificación.

Palabras Clave

Comunicación Alternativa y Aumentativa (CAA), Accesibilidad, Evaluación.

1. INTRODUCCION

La mayor parte de las personas con problemas de comunicación se deben enfrentar a serios inconvenientes a la hora de transmitir y/ recibir información de otras personas. Para resolver esta situación surgen los sistemas de Comunicación Alternativa y Aumentativa (CAA), un conjunto de técnicas y estrategias que se utilizan para dar soporte a la comunicación de personas con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC) que presentan limitaciones en la producción o la comprensión del lenguaje hablado o escrito. Los sistemas aumentativos complementan el lenguaje oral cuando,

por sí sólo, no es suficiente para entablar una comunicación efectiva con el entorno. Los alternativos, lo sustituyen cuando éste no es comprensible o está ausente. Los sistemas de CAA son una herramienta de apoyo al lenguaje expresivo y/o comprensivo, un medio de expresión, o un medio de expresión y comprensión.

Las personas que utilizan CAA constituyen un grupo muy diverso, ya que las dificultades en la comunicación pueden provenir de limitaciones físicas o intelectuales, problemas congénitos, desórdenes progresivos, e incluso pérdida temporal de la voz [1].

Los recientes avances de la tecnología han permitido ampliar la portabilidad y la adaptabilidad de los dispositivos de CAA. En este campo, se ha presenciado un rápido crecimiento de las tecnologías móviles con gran cantidad de aplicaciones [2] [3] [4] [5]. La aparición de las tecnologías digitales, por tanto, ha provocado que se incremente el alcance de las herramientas para ampliar el rango de necesidades de comunicación [6]. El bajo costo y la disponibilidad de las aplicaciones de CAA y de las tecnologías móviles han permitido que muchas personas se conviertan en consumidores activos [7] [8]. Además, la creación de aplicaciones software de CAA no sólo recae en los fabricantes de los productos de apoyo, sino que también la realizan programadores y personas que necesitan estas herramientas para sus familiares. De este modo, se genera un rápido desarrollo de aplicaciones CAA, con un enlace directo entre consumidores y desarrolladores de software pero que pueden no llegar a cubrir las necesidades concretas de personas con necesidades complejas de comunicación [9], ya que no suelen ser fácilmente personalizables y/o accesibles. Estas limitaciones no solo se restringen a aplicaciones de CAA, sino que también se extienden a las tecnologías móviles, cuyo uso puede llegar a ser difícil o imposible para niños pequeños o personas con problemas físicos o motrices. Es imperativo investigar e innovar para garantizar que la expansión de los sistemas de CAA es beneficiosa para los usuarios con necesidades complejas de comunicación.

Con esta meta se concibió, diseñó y se ha desarrollado la herramienta AraBoard, una aplicación shareware creada para facilitar la comunicación funcional a personas con NCC. AraBoard se presenta en la sección 2. Dentro del proceso de evaluación de la herramienta, en la sección 3 se ofrece una evaluación experta. Por último, en la sección 4 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. HERRAMIENTA DE COMUNICACIÓN ALTERNATIVA Y AUMENTATIVA

AraBoard¹ es una herramienta software de dominio público desarrollada para facilitar la comunicación funcional en personas con NCC debido a diferentes causas: autismo, afasia, parálisis

¹<http://giga.cps.unizar.es/affectivelab/araboard.html>

cerebral, etc. La herramienta ha sido diseñada siguiendo metodologías de Diseño Centrado en el Usuario trabajando en el contexto específico de las necesidades de los usuarios que requieren tecnologías de CAA para comunicarse.

La herramienta AraBoard consta de dos aplicaciones independientes y diferenciadas, pero complementarias entre sí [10]: AraBoard Constructor, que permite la creación y edición de los tableros de comunicación; y AraBoard Player, que permite la reproducción y visualización de los tableros generados previamente. Cada aplicación está diseñada para usuarios con perfiles diferentes. AraBoard Constructor es utilizada por tutores, educadores, o familiares, mientras que AraBoard Player es usada por los usuarios finales (generalmente niños) que tienen algún tipo de limitación en la comunicación. Tanto AraBoard Player como AraBoard Constructor son aplicaciones multiplataforma, pudiéndose utilizar en sistemas MS-Windows, Android e iOS, cubriendo así su uso en ordenadores de escritorio, *tablets* y *smartphones* (ver Figura 1). En todos los dispositivos, las aplicaciones de AraBoard comparten el mismo estilo de interfaz y se usan del mismo modo. Los tableros creados con el Constructor en un dispositivo pueden trasladarse, moverse y visualizarse con el Player en cualquier otro dispositivo que tenga instalado AraBoard.



Figura 1. AraBoard en tablet y Smartphone

2.1 AraBoard Constructor

AraBoard Constructor permite que tutores y familiares puedan crear y editar de tableros de comunicación adaptados a las necesidades particulares de cada usuario. Esta aplicación se caracteriza por su facilidad de uso, ya que su interfaz gráfica ha sido diseñada para que cualquier persona pueda crear y editar tableros de forma intuitiva y en pocos minutos. Su funcionalidad básica permite a través de la interfaz definir el número de filas, columnas, disposición de las celdas, y también crear y configurar todos los elementos que componen el tablero de comunicación: visuales, auditivos, textuales, de apariencia, etc. La posibilidad de crear tableros desde 1 a 32 celdas permite ampliar el rango de usuarios finales desde personas con limitaciones motoras severas y necesidades de comunicación muy básicas, las cuales necesitan pocas celdas y de tamaño grande, hasta usuarios con necesidades avanzadas de comunicación, que requieren de tableros de muchas celdas.

Para la personalización de los elementos que componen el tablero, la aplicación permite que el usuario incorpore:

- Recursos procedentes de la colección de pictogramas de ARASAAC [11]: Para la obtención de estos recursos, la aplicación permite a través del buscador de la interfaz la comunicación con la API web de ARASAAC para que le transfiera los resultados de las búsquedas coincidentes con la palabra y en el idioma que el usuario haya introducido.

- Recursos propios: Para la incorporación de recursos propios, la aplicación dispone de un editor propio de pictogramas, se permite la carga de imágenes y de audio almacenados localmente en el dispositivo. Además permite que el editor acceda a la cámara y al micrófono conectados al dispositivo para generar nuevas imágenes y audios.

Una vez se ha construido el tablero, la aplicación permite guardar el proyecto del tablero de comunicación, creando un directorio en la máquina del usuario donde se almacena un fichero XML con la estructura del tablero, junto con todos los elementos que lo componen (audios e imágenes).

Los tableros de comunicación construidos pueden ser copiados a otro dispositivo (ordenador de escritorio, *tablet* o *smartphone*) que tenga la aplicación AraBoard Player instalada, para poder ser utilizado como comunicador.

2.2 AraBoard Player

AraBoard Player es una aplicación que permite al usuario final utilizar los tableros de comunicación generados previamente por la aplicación AraBoard Constructor. Los tableros se presentan a través de la interfaz a pantalla completa y el usuario interactúa señalando las distintas celdas que lo componen. Una vez se ha señalado una celda, se ejecuta el audio asociado a ella. Para mejorar la accesibilidad a personas con limitaciones motoras, siguiendo requisitos recogidos en el análisis del diseño de la herramienta, el mecanismo de reproducción de audio está diseñado de manera que aunque no se señale con exactitud la celda deseada, siempre se ejecutará el audio asociado a la celda más cercana a la zona en la que se ha pulsado.

3. EVALUACIÓN

3.1 Antecedentes

En el proceso de evaluación de la herramienta AraBoard se han utilizado dos métodos complementarios: evaluación con usuarios reales llevada a cabo en un trabajo previo [10] y evaluación experta que se presenta en este trabajo.

En la experimentación con usuarios a través del uso de encuesta se obtuvo conocimiento de la satisfacción de los usuarios así como de la accesibilidad. Los usuarios tienen una percepción muy positiva de la herramienta, la utilizan por la flexibilidad que ofrece en sus parámetros como el lenguaje, número y tamaño de las celdas, inclusión o no de audio, selección de colores (fondo y texto), además de lo útil que es poder acceder directamente al recurso externo de ARASAAC y todas estas características integradas en una interfaz sencilla.

3.2 Evaluación por expertos

Tal como se ha presentado en la sección 2, AraBoard consta de dos aplicaciones, por ello se ha evaluado por un lado el AraBoard Player, herramienta fundamental ya que es la interfaz con la que interactúan los usuarios finales con NCC. Por otro lado, se ha evaluado AraBoard Constructor, ya que la accesibilidad del Player tiene dependencia de los requisitos funcionales incluidos en el Constructor.

La evaluación de la accesibilidad en la herramienta AraBoard tiene dos enfoques posibles: uno basado en la normativa técnica de acceso y otro con una orientación al dominio específico de tecnología CAA. Para el primer enfoque, estándares de accesibilidad del software y de la Iniciativa de la Accesibilidad Web (WAI) del W3C como las WCAG 2.0, las ATAG 2.0 para el AraBoard Constructor y las UAAG 2.0 para el AraBoard Player deben tenerse en cuenta, en esta línea se tiene un trabajo previo con una evaluación preliminar [12]. La evaluación que aquí se

incluye se basa en el segundo enfoque orientado al dominio específico de tecnología CAA y en este caso, en ambientes de escritorio.

A continuación se pasa a mostrar los dos pasos realizados en el proceso de evaluación:

3.2.1 Listado de puntos de chequeo (Checklist)

Con el objetivo de elaborar un recurso que permita validar un sistema CAA, se ha elaborado un *checklist* que cubra los requisitos que debe incluir una herramienta tal que proporcione soporte a las personas con NCC. Para obtener el conocimiento necesario para la elaboración del *checklist*, se han estudiado, entre

otros, trabajos que incluían características y guías para sistemas CAA [13][14] y recursos de asociaciones de usuarios [15][16].

En la Tabla 1 se muestra el *checklist* obtenido que agrupa los puntos de chequeo o *checkpoints* en distintos aspectos. En la primera columna se muestra un código identificador del *checkpoint*, en la segunda columna una descripción, y por último la quinta columna a cumplimentar por el evaluador donde al *checkpoint* se le asigna un valor de entre los siguientes: “No” si no se cumple, “Sí” si sí se cumple, “Parcial” que significa que cumple con el punto evaluado sólo en parte y “NA” para los casos en los que el punto no aplica.

Tabla 1: Checklist de requisitos en el dominio específico de los sistemas CAA

Cod	REQUISITOS PARA LA HERRAMIENTA	AraBoard Player	Complementado por AraBoard Constructor	Sí, No NA, Par
TABLEROS DE COMUNICACIÓN Y AJUSTES DE CONFIGURACIÓN				
1	La herramienta Player tiene niveles (tableros dinámicos)	No	No	No
2	Permite cambiar el tamaño de las cajas	No	Sí es posible con el Constructor	Sí
3	Permite cambiar la disposición de las cajas, la posición y la orientación	No	El Constructor puede crear plantillas con diferentes disposiciones y orientaciones	Parcial
4	Proporciona un color de fondo diferente para cada categoría semántica	No	Sí es posible con el Constructor	Sí
CONTENIDO: PICTOGRAMAS Y AJUSTES DE CONFIGURACIÓN				
5	Permite incluir imágenes externas	No	Sí, el constructor lo permite	Sí
6	Si permite incluir imágenes externas, los usuarios son informados sobre qué tamaños y formatos pueden usar	No	El Constructor informa solo sobre el formato	Parcial
7	Permite incluir: ¿una imagen con una palabra/literal?, ¿las imágenes se distinguen de los literales?, ¿sólo una imagen?, ¿sólo un literal?	Parcial	Sí, el Constructor da la opción de una imagen con una palabra/literal. Sí, se distinguen. Sin embargo, al aumentar el número de columnas y filas se hace más difícil distinguir el texto.	Sí
SALIDA DE DATOS: MENSAJES Y AJUSTES DE CONFIGURACIÓN				
8	Ofrece flexibilidad sobre el número de mensajes	No	Sí, el número de mensajes se fija desde el Constructor.	Sí
9	Tiene salida de voz Salida de voz digitalizada o salida de voz sintética	Sí	Además, el Constructor permite grabar voz y descargar audio (salida de voz digitalizada)	Sí
10	Proporciona flexibilidad en el tamaño de los mensajes y deja editarlos.	Parcial	El Constructor permite cambiar el mensaje asociado a un símbolo	Parcial
11	Hay independencia entre los mensajes de salida y el barrido auditivo	NA	(No tiene tecnología de barrido)	No
12	Permite selección y ajuste del volumen	NA	NA	NA
ENTRADA DE DATOS: ACCESO Y AJUSTES DE CONFIGURACIÓN				
13	Permite el acceso directo	NA	NA	NA
14	Permite el acceso directo con un puntero: espacio (es suficiente para permitir llegar a las caja), precisión (las cajas tienen un tamaño suficiente para poder pulsar de forma cómoda) y fuerza (es posible pulsar sobre las cajas con una fuerza media)	Sí	Depende del número de columnas y filas del tablero de comunicación. Depende del dispositivo y la plataforma. Sí, es posible diseñar tableros que aseguren el espacio y la precisión con el Constructor. (entorno de escritorio)	Sí
15	Permite el acceso con eye tracking	NA	NA	NA
16	Permite acceder utilizando productos de apoyo complementarios.	No	No No se proporciona información sobre ello.	No
17	Permite usar tecnología de barrido (y realizar ajustes de configuración)	No	(No tiene tecnología de barrido)	No

3.2.2 Chequeo de expertos

Dos expertos en accesibilidad han evaluado la herramienta AraBoard utilizando el *checklist* mostrado en la Tabla 1.

Analizaron y evaluaron manualmente la interfaz haciendo simulaciones de acceso específico de AraBoard Player, esta evaluación se hizo en combinación con el análisis de las

funcionalidades y características de AraBoard Constructor. Cada experto elaboró un informe preliminar de la evaluación, y ambos informes fueron contrastados y discutidos para obtener un valor consensuado. Los resultados de esta evaluación experta son mostrados por cada *checkpoint* en la tercera, cuarta y quinta columna de la Tabla 1 con un valor de los descritos {NA, Sí, No, Parcial}. Los valores finales son los de la quinta columna. Los resultados son favorables, de los 17 *checkpoints*: 3 son no aplicables y del resto: 7 sí se cumplen, 3 de manera parcial, y sólo 4 no se cumplen.

3.2.3 Discusión de los datos

Los resultados obtenidos indican un alto nivel de accesibilidad. En cuanto a aspectos mejorables para llegar a una audiencia más diversa, se encuentran que los tableros de comunicación puedan ser dinámicos tal que permitan la vinculación de unos con otros, o permitir ajustar la configuración de algunas características como la velocidad de respuesta de los mensajes auditivos. Pero en resumen, como sugerencias a mejorar por conllevar barreras de accesibilidad críticas para algunos usuarios con NCC está incorporar tecnología de barrido, así como su acceso y documentación de ayuda en relación a los requisitos que deben tener las herramientas CAA para dar un buen soporte y asistencia a los usuarios con NCC, así como a sus educadores y familiares.

4. CONCLUSIONES

En este artículo, se presenta y describe AraBoard, una herramienta CAA que permite la creación, edición y uso de tableros de comunicación y que ha sido especialmente diseñada para niños con limitaciones motrices y necesidades muy básicas de comunicación. La herramienta consta de dos aplicaciones independientes, pero complementarias entre sí: AraBoard Constructor, que permite la creación y edición de los tableros de comunicación orientada a ser utilizada por tutores, educadores, o familiares de los usuarios con NCC; y AraBoard Player, que permite la reproducción y visualización de los tableros generados previamente orientados a ser usados como soporte a la comunicación para los usuarios finales.

Con el objetivo de validar la idoneidad de la herramienta, así como la satisfacción de los usuarios y características de accesibilidad, se ha llevado a cabo una evaluación por usuarios y expertos. En este trabajo, el proceso y los resultados de la evaluación experta en el dominio específico de la tecnología CAA se ofrecen. Para la evaluación se ha utilizado como instrumento un *checklist* previamente creado y que se proporciona como recurso de evaluación para cualquier herramienta CAA. Los resultados son óptimos, pero también se desprende de ellos alguna debilidad como el no incorporar funcionalidad de barrido. Teniendo en cuenta estos resultados, actualmente se está trabajando en la inclusión de estas sugerencias en la versión en curso, tales como: salida de voz sintética, menú de ajuste de preferencias de usuario y tecnología de barrido.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el gobierno de España a través del contrato DGICYT TIN2011-24660, por el

proyecto CYTED 512RT0461 y por el proyecto MULTIMEDICA TIN2010-20644.

6. REFERENCIAS

- [1] Waller A. Public Policy Issues in Augmentative and Alternative Communication Technologies A Comparison of the U.K. and the U.S., *Interactions* May-June 2013, pp. 68-75
- [2] Smalltalk: <http://www.aphasia.com/products/apps/smalltalk>
- [3] TalkTable: <http://www.gusinc.com/2012/TalkTablet.html>
- [4] TICO: <http://www.proyectotico.com/wiki-en/index.php/Home>
- [5] PictoDroid Lite: <http://www.accegal.org/pictodroid-lite/>
- [6] CPA: <http://www.comunicadorcpa.com/>
- [7] Light, J., McNaughton, D. The changing face of augmentative and alternative communication: Past, present, and future Challenges. *Augmentative and Alternative Communication*, vol. 28(4) , pp. 197-204, 2012
- [8] Rummel-Hudson, R. A revolution at their fingertips. *Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*, vol. 20(1), pp. 19–23, 2011
- [9] Beukelman, D. AAC for the 21st century: Framing the future. Presentation at the State of the Science Conference for the RERC on Communication Enhancement, 2012
- [10] Baldassarri, S., Marco, J., García-Azpiroz, M., Cerezo, E. AraBoard: A Multiplatform Alternative and Augmentative Communication Tool. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, *Procedia Computer Science*, vol 27, pp. 197-206, 2014.
- [11] ARASAAC pictographic symbols from Aragonese Portal of Augmentative and Alternative Communication, Spain: <http://www.catedu.es/arasaac/index.php>
- [12] Baldassarri S., Marco J., Cerezo E., Moreno L. Accessibility Evaluation of an Alternative and Augmentative Communication (AAC) Tool, *HCI International 2014*, LNCS 8516, pp.529-540.
- [13] Light & Drager, AAC technologies for young children with complex communication needs: State of the science and future research directions. *Augmentative and Alternative Communication*, vol. 23 (3), pp. 204 216 , 2007
- [14] Owens J., Accessible Information for People with Complex Communication Needs, *Augmentative and Alternative Communication*, vol. 22 (3), pp. 196 – 208, 2006.
- [15] American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). Augmentative and Alternative Communication (AAC), <http://www.asha.org/public/speech/disorders/AAC/>
- [16] Augmentative and Alternative Communication (AAC) Connecting Young Kids (YAACK) Home Page, [Online]. Available: <http://aac.unl.edu/yaack/index.html>

Modelo de Visualización para el Aprendizaje de la Pronunciación con un Enfoque desde la Interacción Humano Computador

Sandra Cano
Pontificia Universidad Javeriana
Grupo Destino
sandra.cano@gmail.com

Gloria Inés Álvarez
Pontificia Universidad Javeriana
Grupo Destino
galvarez@javerianacali.edu.co

César Collazos
Universidad del Cauca
Grupo IDIS
ccollazo@unicauca.edu.co

RESUMEN

Los campos de Interacción Humano Computador y Visualización de la Información son dados como dos disciplinas diferentes, sin embargo estos dos campos podrían complementarse con el propósito de ofrecer aspectos visuales e interactivos para la visualización. A partir del análisis de tres modelos de referencia para la visualización de la información, se propone un modelo de visualización que permita tanto a investigadores como a usuarios, analizar una tarea orientada al aprendizaje de la pronunciación. El modelo es una composición de etapas y mecanismos de interactividad que se combinan para representar cuatro vistas, de tal manera que un usuario pueda captar visualmente la mayor cantidad de aspectos de la voz y reconocer la calidad de la pronunciación usando aspectos gráficos para representar la información.

Categorías y Descriptores

H5.m. [Information interfaces and presentation] (e.g HCI): User Interfaces

Términos generales

Factores Humanos, Diseño

Palabras claves

Visualización de la información, Vistas Múltiples, Visualización de la voz, Interacción Humano Computador.

1. INTRODUCCIÓN

La visualización es una forma de comunicación visual, la cual representa información relacionada con una tarea específica, donde el usuario puede observar e interactuar con ella [1][2][3]. El principal objetivo de la visualización de la información es la representación gráfica adecuada de los datos multidimensionales, de tal manera que la representación visual que se presente, sea con el interés de explorar y analizar diferentes relaciones entre los datos.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

La investigación y el desarrollo de algoritmos orientados al análisis de transformación y representación gráfica de los datos, constituye el pilar de la información de la visualización. Sin embargo, podría complementarse con el área de Interacción Humano Computador (Human, Computer Interaction, HCI), donde se involucran aspectos a tener en cuenta para el diseño y evaluación de una interfaz de visualización, con el objetivo que permita tanto a investigadores como a usuarios comprender, analizar y explorar los datos relacionados a un dominio específico.

En la visualización de las señales acústicas de la voz, la dimensionalidad de los datos representa un desafío, por lo tanto es importante considerar técnicas de visualización adecuadas que permitan representar los datos en 2D, de un modo que agilice el razonamiento y facilite el reconocimiento de estructuras, patrones o correlaciones entre los datos. Diversas investigaciones [4][5][6], han propuesto modelos de referencia para la visualización de la información desde la disciplina de HCI, donde involucran aspectos visuales e interactivos que determinan la actuación del usuario y que permitan crear interfaces más adaptables para lograr una representación visual que pueda ser percibida por el ser humano.

En este artículo se describe un modelo de visualización para señales acústicas de la voz; se presentan las etapas que componen este modelo, y se analizan elementos para el diseño de una interfaz de visualización, como: usuario, interfaz e interacción, los cuales son esenciales en el campo de HCI. En la sección 2 se realiza una descripción de algunos trabajos relacionados con la visualización de la información, donde involucran el campo de HCI. En la sección 3, se describen los modelos de referencia más representativos para la visualización. En la sección 4, se realiza una descripción del modelo propuesto, el cual es una composición de etapas y mecanismos de interacción útiles para apoyar al usuario en el aprendizaje de la pronunciación. En la sección 5, se describen algunos aspectos visuales e interactivos a considerar en la visualización, los cuales pueden servir de ayuda para extraer y representar información. Por último, se realiza un análisis y discusión del modelo de visualización propuesto aplicado en el contexto de uso del aprendizaje de la pronunciación.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Como parte de este trabajo, se viene realizando una revisión de investigaciones en las áreas de visualización de la información y HCI. Se han aplicado técnicas de visualización para representar la señal acústica de la voz en un plano bidimensional. En Yang Dan et al.[4], reportan la aplicación de un modelo de visualización utilizando la técnica Gráfica de Recurrencia enfocado a realizar visualización fonética para utilizarlo en personas con discapacidad auditiva para una formación lingüística. El mismo grupo de

investigadores emplearon Mapas auto-organizados como un modelo de visualización para señales acústicas de la voz [5][7], dando un importante apoyo visual para el aprendizaje de la pronunciación. También se han realizado investigaciones [2], donde describen un caso de estudio de una prueba de evaluación, con el objetivo de evaluar la experiencia del usuario en la visualización de la información como herramienta. Por otro lado, Yussef Hassan [6] en su tesis doctoral de visualización de información Persona- Ordenador, propone una metodología de diseño y evaluación de interfaces de visualización involucrando tareas orientadas al usuario. Mientras que Graham, Kennedy y Benyon[11], proponen el uso de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario con el objetivo de diseñar interfaces de visualización usables a partir de las necesidades del usuario y el contexto de uso. En el 2010 en un estudio realizado con una herramienta de visualización Gravi++ [19], describe acerca de diferentes patrones de interacción que pueden considerarse para explorar la información.

Los trabajos mencionados pueden ayudar para proponer un modelo de visualización para señales acústicas de la voz, donde se involucren aspectos de HCI, en el diseño gráfico de la interfaz y percepción visual (color, formas, agrupación, ubicación, entre otros) aunque no lleguen hacer tratados en profundidad.

3. MODELOS DE VISUALIZACIÓN

Un modelo es una abstracción de la realidad, que permite comprender y solucionar problemas con respecto a una tarea específica [1]. A continuación se describen tres modelos de referencia para la visualización de la información más representativos desde una disciplina HCI, donde se incluyen elementos de estudio como usuario, interfaz e interacción.

3.1 Modelo de Card, McKinlay y Shneiderman

El modelo propuesto por [8] en 1999, describe los pasos básicos para visualizar la información a partir de una transformación de los datos donde interviene la acción del usuario. En este modelo, se puede identificar 3 etapas del proceso de visualización, estos son: transformación de datos, mapeo visual y transformación de vistas, donde se pueden seleccionar diferentes formas visuales; y finalmente, al alterar las vistas resultantes se obtienen diferentes representaciones de los datos.

En este modelo se consideran algunas tareas que permiten la interacción del usuario con la interfaz de visualización, éstas son: apreciación global (Overview), enfoques (Focus), navegación por estructuras (Browsing), entre otros, con el fin de que se pueda incrementar la cantidad de la información para ser visualizada.

3.2 Modelo de Chi

Es un modelo propuesto por Chi [9], extiende el de Card et al. [8], el cual consta de cuatro estados de datos y procesos de transformación. Este modelo, se compone de los siguientes estados: datos crudos, abstracción analítica, abstracción de la visualización y vistas. Las transformaciones pasan de un estado a otro a través de tres procesos: **transformación de los datos**, que genera una forma de abstracción analítica a partir de los valores de los datos; **transformación de la visualización**, que toma una abstracción analítica y la reduce en alguna forma en abstracción de visualización; y la **transformación del mapeo visual**, que toma la información que esta en un formato posible de visualizar, y la presenta gráficamente a través de una o más vistas.

3.3 Modelo de Wünsche

Es un modelo propuesto por Wünsche [10] en el 2004, el cual se divide en dos fases. Una primera fase llamada **codificación**, donde se encarga de codificar los datos a partir de la transformación hacia una proyección visual y una segunda fase llamada **decodificación**, donde decodifica la visualización resultante a través de la percepción humana y se obtiene un conocimiento. En la fase de codificación, los datos sufren una transformación y se convierten en información estructurada para un mapeo visual. En la fase de decodificación, da mayor importancia a los procesos cognitivos que a las tareas de interacción al especificar procesos que intervienen en la percepción y cognición. La unión entre ambas fases se produce por medio de atributos gráficos como: forma, color, líneas de orientación, posición y atributos textuales como símbolos y textos presentes en la proyección visual. Las técnicas de visualización que se usan en este modelo varía de acuerdo a la dimensión y requerimientos espaciales. La interacción en este modelo no se considera la acción del usuario, sólo se toma la interpretación visual, con el fin de garantizar la calidad de la percepción.

3.4 Análisis de los modelos

Los modelos propuestos por [8][9][10], indican que para lograr una adecuada visualización de la información, es necesario una serie de transformaciones en los datos con el propósito de establecer estructuras y relaciones, así como reducir la dimensionalidad para lograr una representación visual, usando un lenguaje gráfico y teniendo en cuenta la experiencia y el dominio del contexto, donde se pueda interactuar para obtener nuevas perspectivas y conocimiento.

El modelo de Card et al.[8], da mayor importancia a la interacción, mientras que el modelo de Chi [9], se enfoca en la transformación de datos y el Wünsche[10], hace referencia a la percepción del usuario. Por tal razón se puede indicar que la representación, la interacción y la percepción son aspectos importantes para el diseño de un modelo de visualización de la información, los cuales han sido considerados al proponer el modelo de visualización para señales acústicas de la voz que se presentan en este artículo.

En general en las distintas propuestas se reflejan conceptos fundamentales de la HCI (interfaz, usuario e interacción), pero desde perspectivas diferentes. El propósito de este análisis es con el interés de proponer un modelo de visualización donde se consideren aspectos de HCI para el diseño de la interfaz.

4. MODELO DE VISUALIZACIÓN

El modelo de visualización propuesto en la Figura 1, usa la técnica de múltiples vistas para representar visualmente la pronunciación de un fonema, con el fin de apoyar el aprendizaje de dicha pronunciación. El modelo de visualización, es una combinación de los modelos de referencia para la visualización de la información presentados en la sección 3, los cuales se sirven de etapas que involucran aspectos de HCI. El principal objetivo de este modelo es representar un gran número de aspectos de la voz, de tal manera que una persona pueda captar visualmente la calidad de la pronunciación en una tarea de entrenamiento de la pronunciación. El modelo que se muestra en la Figura 1, representa los resultados de la comparación de una señal de entrada capturada por medio del micrófono, con respecto a un

conjunto de señales pronunciadas correctamente.

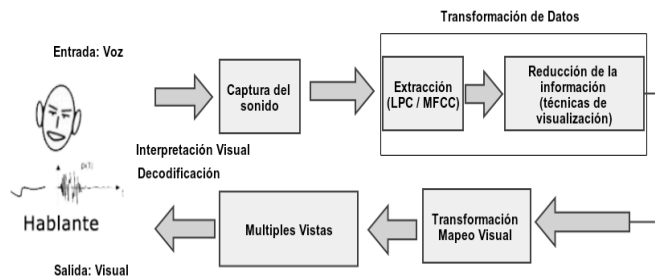


Figura 1. Modelo de visualización para señales acústicas de la voz en la tarea de la pronunciación de los fonemas del español.

El modelo de visualización involucra cuatro etapas, las cuales sirven para representar los datos a partir de una pronunciación. La primera etapa llamada **captura de sonido**, realiza la captura de la pronunciación de un fonema a través del micrófono, la cual convierte la señal análoga a digital, llamada señal de test. La segunda etapa llamada **transformación de datos**, hace uso de las técnicas Coeficientes de Predicción Lineal (LPC) y Gráficas de Recurrencia Cruzada (Cross Recurrence Plot, CRP) [12], con el fin de realizar una reducción de los datos, computar parámetros y extraer características representativas de las señales acústicas de la voz. La tercera etapa llamada **mapeo visual**, se definen las estructuras visuales apropiadas para representar los datos, de modo que sea fácil de comprender para el usuario. En el mapeo visual, deben considerarse aspectos que mejor se adapten a la percepción humana, como: organización de los datos, distribución espacial, objetos gráficos (puntos, líneas, áreas, volumen) y atributos (posición, dimensión, orientación, color, textura y forma), los cuales ayudan a analizar y evaluar y el cómo representar las conexiones entre los distintos componentes visuales para establecer relaciones entre los datos. Las técnicas de visualización que se proponen en esta etapa son: Mapa Auto-Organizado (Self Organizing Map, SOM) [13], es una técnica que reduce la dimensionalidad de los datos proyectándolos en un plano bidimensional y permite construir un mapeo visual de los datos más compacto; y Caras de Chernoff [14], es una técnica que transforma los datos en caras, donde los datos se representan por los atributos de la cara como: ojos, boca, orientación de los ojos, inclinación de las cejas, entre otras formas de la cara, la cual permite hacer asociaciones y detectar diferencias en la calidad de la pronunciación.

Por último una cuarta etapa llamada **múltiples vistas**, es el resultado final del mapeo de la visualización, donde el usuario ve e interpreta la representación de la señal acústica de la voz en la tarea de la correcta pronunciación o no correcta de un fonema del español por medio de dos o más vistas. Esta última etapa es donde se involucra el diseño de la interfaz gráfica, donde se incluyen aspectos visuales de la representación de los datos y mecanismos que ayudan al usuario a interactuar con dicha representación visual.

Cada vista representa aspectos de la voz, los cuales sirven de apoyo al usuario para observar con más detalle y aprender acerca de la correcta o no correcta pronunciación.

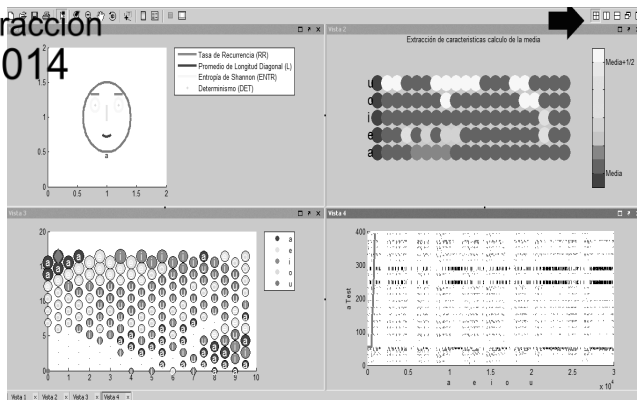


Figura 2. Interfaz de visualización que integra las cuatro vistas en el aprendizaje de la correcta pronunciación de la vocal (a).

En este modelo se usan cuatro vistas, como se observa en el experimento realizado en la Figura 2, donde se representa la visualización de la correcta pronunciación de la vocal (a). La primera vista, revela una rápida información a través de los gestos de la cara, donde permite representar estados de ánimo, desde una buena pronunciación con una cara feliz, Figura 2 y una mala pronunciación, haciendo uso de atributos de la cara como: boca, nariz, ojos y cejas, representando valores de las características de la voz por el tamaño, la forma, posición y orientación.

La segunda vista representa el entrenamiento realizado con la vocal (a), el cual permite una rápida inspección de los datos al realizar una comparación entre los prototipos de una pronunciación correcta con respecto a la señal de test, usando atributos gráficos como color y forma, para interpretar la comparación de semejanza de características entre las vocales. Cada fila esta representada por una vocal, compuesta por 20 círculos que representan las características del fonema. Cada círculo se encuentra coloreado en tonos oscuro, lo que indica la cercanía de cada valor de la característica de la señal de test a las características de entrenamiento de la misma vocal.

Por lo tanto, en la tercera vista se hace uso de la técnica de visualización llamada SOM, donde agrupa datos con características comunes, como muestra la Figura 2, donde hay un grupo de fonemas que corresponden a las vocales (a), y cada vocal esta representada por un color mientras que la señal de test es representada por un rombo, lo que indica que si la vocal (a) está correctamente pronunciada, ésta se ubicará en el grupo de fonemas de entrenamiento que corresponden a la misma vocal. Por último la cuarta vista es representada por una línea diagonal, donde indica las correlaciones entre las cinco vocales del español con respecto a la señal de test. En la Figura 2, se observa que la línea diagonal representa la similitud que hay entre las vocales de entrenamiento con respecto a la vocal (a) de test pronunciada correctamente.

La interface de visualización compuesto por las cuatro vistas tiene un mecanismo de interacción, el cual permite activarse o desactivarse a decisión del usuario, como se aprecia en la parte superior derecha de la Figura 2, donde permite manipular la cantidad de vistas que se quiere tener en pantalla y permite guardar como imagen los resultados obtenidos en cada vista. Estas imágenes son almacenadas en un directorio, el cual es nombrado con el nombre del usuario quién va a realizar la tarea, con el fin de tener un historial de las diferentes pronunciaciones.

4.1 Diseño de la interfaz

La interfaz debe ayudar en las distintas etapas del proceso de visualización, en la exploración de la información presentada, así como ser un apoyo en la interacción, de modo que el usuario pueda satisfacer su necesidad de acceder y explorar la información. A partir de investigaciones llevadas a cabo en el diseño de la visualización [16][17][18] y comparación de herramientas de visualización existentes [12][13][14], se consideran aspectos a tener en cuenta para el diseño de la visualización. El objetivo es dar la libertad al usuario de explorar y manipular la visualización a través de actividades interactivas. Se desarrolló un prototipo preliminar (Figura 2), que puede ofrecer al usuario tareas como: manipular, explorar y transformar la representación gráfica. Para el prototipo propuesto se han considerado algunos mecanismos de interacción como la reducción del conjunto de los datos para mayor comprensión de la representación visual y funciones de apoyo al usuario en el nivel de detalle de la exploración de la información.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El modelo propuesto representa aspectos de la voz a partir de un experimento realizado con las vocales del español, donde cada vista presenta diferentes estructuras visuales al usuario, para que pueda explorar, interpretar y analizar la calidad de una pronunciación, como se observa en la Figura 2 y 3, los resultados obtenidos al representar una correcta pronunciación de la vocal (a) y una no correcta pronunciación de la vocal (e).

El modelo permite realizar diferentes exploraciones visuales y niveles de interpretación a través de diferentes vistas. Las vistas representan los datos por medio de atributos gráficos que mejor se adapten a la percepción humana. El modelo ofrece una interfaz gráfica, donde ofrece cuatro vistas, con el fin de que el usuario pueda comprender aspectos de la voz y obtener conocimiento acerca de la calidad de la pronunciación. El modelo involucra la interacción con el usuario por medio de las cuatro vistas, teniendo en cuenta aspectos claves que pueden ayudar a una fácil decodificación de la información, con el fin de proporcionar una mejor comprensión acerca de la tarea. Los modelos teóricos que se analizaron, indican que la representación, la interacción y la percepción son importantes para lograr una representación visual, de modo que el usuario le permita analizar de mejor manera las diferentes relaciones entre los datos y extraer información acerca de una correcta o no correcta pronunciación.

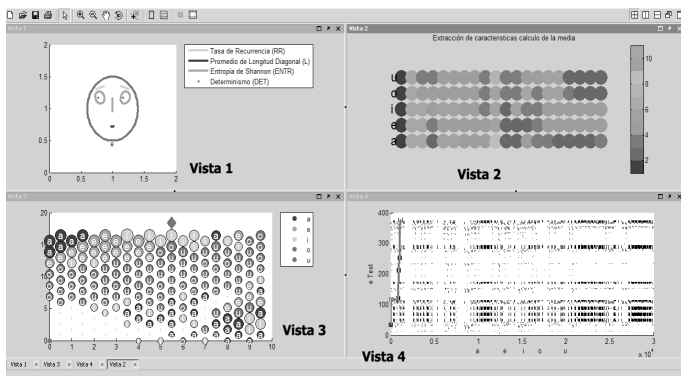


Figura 3. Interfaz de visualización que integra las cuatro vistas en el aprendizaje de la no correcta pronunciación de la vocal (e).

A partir de una comparación de herramientas de visualización existentes [12][13][14][18], se identificaron características y elementos de diseño que podrían ayudar a detectar mejoras y diferencias entre las distintas herramientas, con el objetivo de representar los datos, de tal manera que el usuario pueda detectar la calidad de la voz y obtener conocimiento sin el mayor esfuerzo posible.

El modelo propuesto es una composición a partir del análisis de los tres modelos de referencia para la visualización, donde coinciden que para lograr una representación visual adecuada, se necesita de la transformación de datos, con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos y extraer características representativas. En la representación visual los modelos [8][9] tienen una etapa llamada mapeo visual, el cual corresponde a generar estructuras visuales adecuadas para representar los datos, con el objetivo de que sea fácil de interpretar. Las vistas son el resultado final del modelo y es la manera como se presentan los datos, donde el usuario ve e interpreta la representación de una pronunciación. Estas vistas fueron ofrecidas, con el fin de que el usuario pueda realizar interpretaciones de una misma tarea. Por otro lado, el modelo [10] da mayor importancia al rol del usuario, donde involucra a la percepción factores claves a tener en cuenta en el diseño de la visualización, como: color, atención, percepción de patrones y reconocimiento de objetos, con el propósito de ofrecer una comprensión visual para diversos niveles usuarios.

En el diseño de la interfaz de visualización se involucra el color, como un aspecto importante, ya que el uso de la variedad del color puede producir una sobrecarga cognitiva, limitando la capacidad de percibir la información, la cual condiciona la capacidad de atraer la atención. Por tal razón, en cada una de las vistas que involucran el modelo propuesto se han usado colores básicos y no saturados, de tal manera que no afecte la visibilidad al usuario para detectar similitudes o relaciones entre los datos. Por lo tanto, la atención está relacionada por el estímulo sensorial que interfiere en la visualización, cuando el usuario localiza uno o más elementos que le permitan obtener conocimiento respecto a la tarea. La atención se involucra en el diseño de las vistas, ya que la función de cada una, es transmitir y atraer de forma visual la mayor cantidad de información posible, de modo que el usuario pueda llevar tareas visuales rápidas y precisas en la tarea de detectar la calidad de pronunciación de un fonema, es decir las diferentes estructuras visuales que presentan las vistas, se sirven de atributos gráficos como: orientación, tamaño, color, forma y etiquetas, que permiten expresar visualmente el resultado de la comparación de una pronunciación entre la señal de test y las señales de entrenamiento de la misma vocal, representando diferentes relaciones de una correcta pronunciación desde una cara feliz como la primera vista hasta una línea diagonal como la cuarta vista como se muestra en la Figura 2, o una mala pronunciación por una cara triste como la primera vista y una línea diagonal con una longitud menor, Figura 3.

El tercer factor importante es la percepción de patrones donde el usuario identifica agrupaciones entre los datos, como la tercera vista, donde representa la agrupación de las vocales de entrenamiento con características comunes, de tal manera que cada círculo representa un fonema, como se muestra en la Figura 2, donde un usuario pronuncia correctamente la vocal (a), las características comunes de la vocal (a) se ubican en una misma región y se asocia cada círculo un color para representar la vocal,

mientras que la vocal de test representada por un rombo se ubica en la misma región de las vocales de entrenamiento, con esto se puede decir que la percepción de patrones se relaciona cuando el usuario trata de detectar patrones característicos de la voz con respecto a la calidad de una pronunciación en cada una de las vistas. Por último, el factor reconocimiento de objetos, esta dirigido al objetivo final del proceso de la percepción visual, que involucra el significado de los elementos en la visualización, con el propósito que sean retenidos en la memoria del usuario, con el objetivo de obtener un conocimiento a partir de una tarea específica.

La aplicación del proceso de la percepción visual en el diseño de interfaces de visualización, sirven de apoyo para reducir el esfuerzo cognitivo requerido para comprender una representación gráfica, para que así el usuario pueda dedicar plenamente su capacidad cognitiva en comprender aquello que se está representando, es decir en la tarea del aprendizaje de la correcta o no correcta pronunciación de un fonema.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La disciplina de HCI, está siendo reconocida como un campo importante, el cual puede complementarse en el campo de visualización de la información, con el fin de involucrar al usuario en las diferentes etapas de la representación visual. Por ello, es necesario contar con interfaces efectivas que apoyen las distintas tareas a realizar en todo el proceso de visualización. Las interfaces deben seguir los principios de diseño de interfaces de usuario y cada uno de estos principios debe ser tenido en cuenta en particular en la que el usuario interactúa con la visualización.

Las cuatro vistas son una representación de diferentes estructuras y niveles de interpretación que se ofrece al usuario, desde una vista con una inspección intuitiva como la primera hasta una vista con una estructura más compleja y un análisis más profundo, como la cuarta vista. Las cuatro vistas representan aspectos de las señales acústicas de la voz a través de diferentes combinaciones de visualización en un mismo tipo de tarea, las cuales permiten al usuario aprender acerca de los diferentes aspectos de la señal acústica de la voz y ayudan a una comprensión de los datos aprovechando sus capacidades de percepción visual para descubrir patrones. También la técnica de múltiples vistas aplicada a la interface de visualización resulta ser apropiada para representar diferentes niveles de exploración de los datos y para tener un mejor comprensión de los datos para el usuario, de tal manera que ayuda en aspectos como: minimizar la carga cognitiva, el esfuerzo requerido para comparar información y el tiempo de aprendizaje con respecto a la tarea.

Los experimentos realizados en la tarea de entrenamiento de pronunciación con las vocales del español, mostraron ser una alternativa para representar las señales acústicas de la voz en un plano bidimensional y reconocer la calidad de la pronunciación, de tal manera que pueda servir de apoyo para personas con discapacidad auditiva o al aprendizaje de la pronunciación de una segunda lengua.

Se ha desarrollado un prototipo que implementa el modelo propuesto, se plantea como trabajo futuro validar su calidad a través de una evaluación de usabilidad con un grupo significativo de usuarios, el cual permita examinar la usabilidad de las representaciones visuales y los mecanismos de interacción, teniendo en cuenta características cognitivas del usuario en la tarea de interpretar la calidad de la pronunciación por medio de las

cuatro vistas, con el objetivo de validar el desempeño del prototipo al representar la información.

7. REFERENCIAS

- [1] Niklas Elmqvist, Andrew Vande Moere, Hans-Christian Jetter, Daniel Cernea, Harald Reiterer, and T. J. Jankun-Kelly. 2011. Fluid Interaction for Information Visualization. In *Information Visualization*. 10, 4 (Oct. 2011), 327-340. DOI=<http://dx.doi.org/10.1177/1473871611413180>.
- [2] Sarah Faisal, Paul Cairns, and Ann Blandford. 2007. Challenges of evaluating the information visualisation experience. In *Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HCI...but not as we know it - Volume 2 (BCS-HCI '07)*, Vol. 2. British Computer Society, Swinton, UK, UK, 167-170.
- [3] Enrico Bertini. 2012. Visual Analytics: Building the science of analytical reasoning facilitated by visual interfaces. In *Proceedings Conference University of Utah*.
- [4] Xu Wang, Fangfang Jiang, Dan Yang. 2008. The application of Cross Recurrence Plot in Deaf Linguistic Training System. *Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2008. ICBBE (May 2008)*, 16-18.
- [5] Wang Xu, Xue Lifang, Yang Dan, and Han Zhiyan. 2008. Speech Visualization based on Robust Self-organizing Map (RSOM) for the Hearing Impaired. In *Proceedings of the 2008 International Conference on BioMedical Engineering and Informatics - Volume 02 (BMEI '08)*, Vol. 2. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 506-509. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/BMEI.2008.357>
- [6] Hassan Montero Y. 2000. Visualización de Información Persona-Ordenador: propuesta algorítmica para la ordenación espacial de grafos. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2010. ISBN 978-84-693-5200-7.
- [7] Hui-Jen Yang, Yun-Long Lay, Chern-Sheng Lin, and Pei-Yuan Hong. 2009. The radar-graphic speech learning system for hearing impaired. *Expert Syst. Appl.* 36, 3 (April 2009), 4804-4809. DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.05.053>
- [8] Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, and Ben Shneiderman (Eds.). 1999. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- [9] Ed H. Chi. 2000. A Taxonomy of Visualization Techniques Using the Data State Reference Model. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2000 (INFOVIS '00)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 69-.
- [10] Burkhard Wünsche. 2004. A survey, classification and analysis of perceptual concepts and their application for the effective visualisation of complex information. In *Proceedings of the 2004 Australasian symposium on Information Visualisation - Volume 35 (APVis '04)*, Neville Churcher and Clare Churcher (Eds.), Vol. 35. Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia, 17-24.
- [11] Graham M. , Kennedy J., Benyon D. 2000. Towards a methodology for developing visualizations. In *International Journal of Human Computer Studies*, 2000, vol 53. 789-807.

- [12] Cross Recurrence Plot Toolbox. *Routines for computing recurrence plots and related problems with matlab. (visitada en marzo del 2014).* <http://www.agnld.uni-potsdam.de/~marwan/toolbox/>
- [13] SOM Toolbox. *Routines for computing Map Self-Organizing with matlab (visitada en marzo del 2014).* <http://www.cis.hut.fi/somtoolbox/>
- [14] Herman Chernoff. 1973. *The Use of Faces to Represent Points. in K-Dimensional Space Graphically.* In *Journal of the American Statistical Association, Vol 64, No 342.* 361-368.
- [15] Dulclerci Sternadt Alexandre, Joao Manuel R. S. Tavares. 2010. Introduction of Human Perception in Visualization. In *International Journal of imaging and robotics, vol 4 No A10.* 1-10.
- [16] Faisal, S.; Cairns, P.; Blandford, A. 2006. Developing User Requirements for Visualizations of Literature Knowledge Domains.. In *Information Visualization, 2006. IV 2006. Tenth International Conference on (July 2006)* 5-7.
- [17] Bastien, J. M. C. & Scapin, D. L. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. (Technical report No 156), INRIA Rocquencourt, France, 1993.
- [18] Tufte, E., *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press, 1983.
- [19] Margit Pohl, Sylvia Wiltner, and Silvia Miksch. 2010. Exploring information visualization: describing different interaction patterns. In *Proceedings of the 3rd BELIV'10 Workshop: BEyond time and errors: novel evaluation methods for Information Visualization (BELIV '10)*. ACM, New York, NY, USA, 16-23. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/2110192.2110195>

SMD-Saúde: Sistema de Mídias Digitais para a Área da Saúde

Marta R. Bez
Universidade Feevale
martabez@gmail.com

Fernando Stahnke
Universidade Feevale
fstahnke@gmail.com

Maria P. Rolim
Universidade Feevale
pryrolim@gmail.com

Fernando Helwanger
Universidade Feevale
fhelwanger@gmail.com

José Barbosa
Universidade Feevale
fstahnke@gmail.com

RESUMO

Este artigo propõe-se a apresentar o SMD-Saúde, um sistema web de armazenamento de mídias digitais voltado para o ensino de medicina em uma universidade brasileira, dando ênfase nos pontos referentes à interface com o usuário e ao design do sistema, levando em conta teorias de aprendizagem aplicáveis às tecnologias modernas.

Categorias e Descritores

H.5.2 [User Interfaces]: Screen design (e.g., text, graphics, color).

Termos Gerais

Documentation, Design, Human Factors.

Palavras Chaves

Interface, Mídias Digitais, Educação em Saúde, Banco de Mídias.

1. INTRODUÇÃO

Em diversas áreas, mídias digitais como imagens, vídeos e áudios são utilizadas para entendimento e solução de problemas, disseminação de conhecimento e ensino. Na área médica isso não é diferente, pois permite analisar casos clínicos e o estudo das principais características destes. Com o intuito de centralizar e disponibilizar diferentes tipos de mídias digitais em uma faculdade de medicina, surgiu o SMD-Saúde. Este é um banco de mídias digitais, que são armazenadas juntamente com metadados, possibilitando a recuperação das informações de maneira simples e rápida, através da aplicação de alguns filtros de pesquisa.

O objetivo deste artigo é apresentar o sistema para armazenamento e disponibilização de arquivos de mídias digitais, criado para uso no ensino na saúde e troca de conhecimento entre os profissionais da área médica de uma universidade brasileira, sendo este considerado um repositório de objetos de aprendizado. Para tanto, foi realizada uma pesquisa exploratória e aplicada sobre bancos de imagens da área da saúde [1][2][3] e, a partir destes, relacionados os metadados que deveriam compor a base de mídias, como procedência, tipo de mídia, CID10, tamanho e palavras chave. Ainda, estas mídias são relacionadas com casos de estudo, diagnósticos e outras imagens ou mídias. Os filtros do sistema são classificados, adaptando-se de acordo com a área médica de aplicação e utilização do sistema.

Como resultado, se obteve um sistema robusto, capaz de armazenar e disponibilizar diferentes tipos de mídias digitais. O sistema possui diversos filtros, sendo necessário apenas ao utilizador informar o que deseja procurar, que o resultado é apresentado na tela. Materiais que eram armazenados em arquivos físicos, que ficavam expostos às condições do ambiente (sujeitas a degradação), foram digitalizados e inseridos no SMD-Saúde. A

centralização destas informações evita que o conhecimento gerado através dos anos sejam perdidos ou esquecidos em arquivos, e ainda, transforma simples dados em informações úteis ao processo de ensino e aprendizagem. Como benefício pode-se citar o acesso imediato e preciso ao tipo de informação que se deseja encontrar.

Com isso conseguiu-se que toda uma instituição de ensino pudesse compartilhar imagens, casos clínicos, filmes, exames, entre outros, provendo a interdisciplinaridade e o reaproveitamento de recursos e estudos já realizados.

Um dos aspectos importantes no desenvolvimento foi a interface, pensando nos usuários, que são profissionais e alunos da área da saúde, que não estão habituados a utilizar o computador em suas atividades. Portanto, na elaboração do sistema, aspectos como design, cores, estrutura, disposição na tela, usabilidade, entre outros, mereceram atenção especial no desenvolvimento.

Este artigo está dividido em 4 seções. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico que foi utilizado como base para o seu desenvolvimento. A seção 3 apresenta a análise e estudo da interface desenvolvida, buscando a usabilidade, eficiência e eficácia do sistema. Por fim, são apresentados os módulos do SMD-Saúde na seção 4, especificando as funções disponíveis, seguido da seção 5, compondo esta as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo a teoria construtivista, o conhecimento é gerado a partir da interação do indivíduo com o meio [4]. No caso de um sistema computacional de apoio à aprendizagem, o conhecimento é gerado a partir da interação do aluno com o sistema.

Quando é desenvolvido um sistema para a educação, deve-se levar em conta o conceito de design instrucional. Segundo [5], “O Design Instrucional é o campo de conhecimento que busca aprimorar o planejamento e a aplicação dos métodos visando facilitar os processos de ensino-aprendizagem”. Portanto, o analista de um sistema de ensino deve levar em conta todo o processo, técnicas e ferramentas de aprendizagem que serão utilizadas na interação do aluno com o sistema.

A interação entre o usuário e o sistema pode ser vista como um diálogo, por isso, más escolhas no desenho da interface podem prejudicar este diálogo [6]. Isto é ainda mais agravante em um ambiente de ensino, pois a falha na comunicação entre o sistema e o usuário pode acarretar em dificuldades de aprendizado ou em um aprendizado incorreto, baseado em alguma desinformação.

Como atualmente a internet está bem difundida e facilita o acesso à informação [7], ela torna-se um ambiente propício para a aplicação de um ambiente de ensino. Em função desta demanda, novas tecnologias estão surgindo para suprir a necessidade de uma boa experiência entre o usuário e o sistema. Com estas tecnologias emergentes, novas ferramentas de ensino tendem a surgir, mudando a forma com que o conhecimento é transmitido e sua concepção. O SMD-Saúde (Sistema de Mídias em Saúde) é um

exemplo prático deste tipo de tecnologia, alinhando interatividade multidisciplinar entre os agentes de ensino, acessibilidade, usabilidade e inovação, revolucionando assim, o ensino na área médica, tendo como diferencial o foco no desenvolvimento da interface. A seguir será explorada a concepção da interface do SMD-Saúde.

3. INTERFACE DO SMD-SAÚDE

A interatividade do usuário com o material educacional é influenciada diretamente pela estrutura da interface. Pensando nisso, o SMD-Saúde foi estruturado com a intenção de constituir-se em um material educacional digital que permita a comunidade acadêmica uma postura autônoma, motivadora, crítica, interativa, desafiadora e instigante, favorecendo uma estreita relação com a prática médica dos futuros profissionais da saúde.

A versão 2010 do padrão internacional para design centrado nos humanos (human-centered design) utiliza o termo experiência de usuário ao invés de usabilidade e aborda fatores como utilidade, desejabilidade, credibilidade e acessibilidade [8], abordando inclusive qualidades subjetivas para avaliação destes temas.

Logo, foi tratada como prioridade a constituição de uma interface gráfica prática e amigável para o SMD-Saúde, observando diversos critérios de usabilidade e experiência do usuário. O foco principal foi oferecer condições favoráveis para que o estudante atinja seus objetivos, de forma a desenvolver de maneira plena as atividades disponibilizadas.

O embasamento da equipe desenvolvedora sobre “As 10 regras de ouro” (ou melhores práticas) [9] para software educacional foi fundamental para determinação de metas de usabilidade, que dessem conta de ressaltar os principais pontos a serem observados. Possibilitou ainda, a determinação de fatores de qualidade de software, segurança, utilidade, eficácia e eficiência. Aspectos como segurança, primando pela privacidade dos dados armazenados e sua rápida recuperação em caso de perda do sistema, eficácia, focada no êxito das buscas e tarefas do sistema; eficiência, auxiliando alunos e professores na transmissão e assimilação de conhecimento; e utilidade, avaliando se o sistema provê funções suficientes e apropriadas para a finalidade proposta [10].

Outro aspecto evidenciado foram metas de usabilidade que dessem conta de minimizar a carga cognitiva, para que os usuários possam centrar seus esforços na busca de conteúdo e uso de materiais importantes, não encontrando dificuldades em aprender a usar a interface. [11] ressalta que o tempo gasto tentando entender como funciona um sistema prejudica a compreensão do conteúdo. Desta forma, é necessário que a interface seja fácil de aprender, intuitiva, de fácil navegação para um primeiro contato e fácil de lembrar, proporcionando desempenho ao usuário nas demais vezes que usar a interface.

Nesta perspectiva, a localização dos elementos na tela, como links, botões, textos, foi cuidadosamente pensada de forma a facilitar a experiência do usuário. Os elementos que constituem a interface foram agrupados e posicionados de acordo com a função exercida dentro do sistema, para que possam ser localizados pelo contexto de sua utilização. Fugindo de uma navegação linear, a interface utilizou-se dos recursos de menus, hipertexto, migalhas, atalhos, tendo sempre na tela uma forma de acessar todos os recursos disponíveis para cada módulo.

Visualmente, o sistema segue uma identidade inspirada na área médica, com tons azuis que lembram calma e serenidade. Todos os elementos estão localizados exatamente na mesma área da tela

em qualquer um dos três módulos. Foi elaborado de forma que o usuário possa trocar de módulo a qualquer momento sem se perder na interface, encontrando as mesmas informações nos mesmos lugares. Com isso procurou-se garantir um sistema visual consistente e coerente. Foram seguidas recomendações citadas em [12], pois as cores são fatores imediatos em uma interface de um sistema e uma das primeiras coisas a serem percebidas nos designs.

A Internacional Standard Organization, a ISO 9241:210, que apresenta requisitos e recomendações sobre as características do hardware, software e ambiente que contribuem para a usabilidade e os princípios ergonômicos, define usabilidade como "a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso". [8]. A usabilidade é, desta forma, um conceito importante no design de interfaces, otimizando a relação entre os alunos/professores e o material de interação. Em outras palavras, determina o grau de dificuldade ou facilidade com que as pessoas conseguem realizar atividades em ambientes gráficos. Mais do que isso, preocupa-se com o quanto os usuários são capazes de trabalhar de forma eficaz, eficiente e com satisfação. Desta forma, ressalta-se importância ímpar no design de matérias pedagógicas digitais, buscando clareza na forma de apresentação do conteúdo, na estruturação e na localização de cada informação. Nesse sentido, o design do SMD-Saúde foi estruturado de forma a proporcionar facilidade de navegação, onde seja possível encontrar a informação desejada com o mínimo de cliques possíveis.

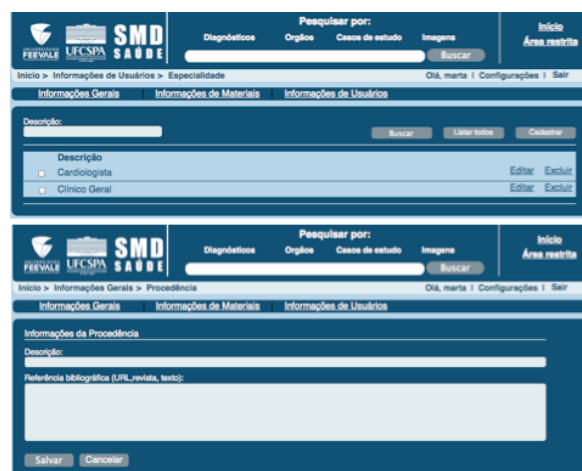


Figure 1. Telas de consulta (acima) e cadastro (abaixo) do SMD-Saúde.

As características analisadas e apresentadas nesta seção podem ser visualizadas na Figura 1, que apresenta acima um exemplo de consulta e logo abaixo um exemplo de cadastro no SMD-Saúde.

Como pode ser observado na Figura 1, a interface é dividida em dois grandes blocos. O primeiro é formado pelo cabeçalho, que apresenta na parte esquerda os logos das Instituições que participam do projeto e seu nome, no bloco central as possibilidades de pesquisa ao sistema e na direita o acesso para conexão no sistema e retorno a tela principal. Logo abaixo encontra-se a migalha, que permite que os usuários estejam cientes de seu posicionamento no sistema, com a possibilidade de retornar a qualquer parte do caminho traçado. Abaixo da migalha, a barra de menus, dividida em três módulos de trabalho: Informações Gerais, Informações de Materiais e Informações de Usuários.

Na aba de Informações gerais é possível realizar os cadastros de patologias, sistemas, procedências e órgãos. Estes são metadados, utilizados como base para compor as informações de materiais de estudo, composto por mídias, pacientes, diagnósticos e casos de estudo. Buscando a segurança das informações, que na área médica é item crucial, existe o menu Informações de usuários, que permite controlar o nível de acesso dos usuários, as especialidades e funcionalidades destes no sistema. Todas as telas do sistema apresentam a mesma estrutura, tanto de consultas quanto de cadastros.

Esta disposição foi pensada levando-se em conta [14], que argumenta que deveríamos focar mais nas experiências de usuário e menos na usabilidade. Destaca que os sistemas são projetados para persuadir ou influenciar ao invés de permitir que os usuários façam suas tarefas de forma eficiente. Por fim, foi levada em consideração também a interação emocional, que concentra-se na forma como sentimos e reagimos ao interagir com as tecnologias.

4. MÓDULOS DO SMD-SAÚDE

Conforme apresentado na seção 3, o SMD-Saúde foi desenvolvido de forma a atender os principais critérios de usabilidade, provendo conteúdos que permitam a professores o desenvolvimento de material pedagógico de qualidade e com casos clínicos reais e fictícios.

Nesta seção, o sistema é apresentado em detalhes e destacadas as características que permitem classificá-lo como um repositório de objetos de aprendizado diferenciado no panorama atual de sistemas de ensino. Destaque especial foi dado a facilidade que o usuário deve ter para encontrar ou descobrir algum objeto, corroborando com o que cita [15]. Ainda, a página principal apresenta o menu de conteúdos, favorecendo a navegabilidade e estando de acordo com o citado por [12]. Reforçando a afirmação de que dispositivos móveis e sites necessitam de *Menu Pages* para fazer melhor uso das telas pequenas.

4.1 Informações de usuários

Este módulo é dividido em três aspectos importantes:

Especialidade: Contém informações acerca das especialidades ou áreas em que atuam os profissionais da saúde. Exemplos de especialidades são: cardiologista, pediatra, enfermeiro, clínico geral, entre outros. Um mesmo profissional da saúde pode ter diversas especialidades, fator contemplado pelo sistema.

Funcionalidade: Contém informações das funções exercidas na instituição de ensino. Exemplos de funcionalidades são: médico, professor, aluno bolsista, entre outras.

Gerenciar usuários: Contém as informações dos usuários do sistema. Todo o usuário tem um registro com senha de acesso. Cada usuário poderá executar funções no sistema de acordo com as especialidades e a funcionalidade a ele atribuídas. É importante salientar que usuários com função de aluno, aluno especial ou bolsista, ao cadastrarem informações de materiais no sistema, devem identificar o professor que solicitou o cadastro e o registro só estará ativo no sistema depois que o professor certificá-lo. Esse procedimento garante a veracidade e integridade das informações inseridas, uma vez que a área médica possui regras bem definidas e rígidas sobre sigilo de casos clínicos e sobre informações de pacientes.

4.2 Informações Gerais

Este módulo possui as informações básicas a serem utilizadas nos materiais pedagógicos do sistema. É dividido em:

Patologia: É o estudo e o diagnóstico da doença através do exame dos órgãos, dos tecidos, de líquidos corporais e de corpos inteiros (autópsias). Essa informação permite que as mídias cadastradas no sistema possam ser especificadas e catalogadas em diversas categorias.

Sistemas: Contém a classificação dos sistemas do corpo humano, que podem ser divididos em: sistema digestivo, circulatório, muscular, nervoso, entre outros. Cada mídia cadastrada no SMD-Saúde deve estar associada a um sistema.

Órgãos: Contém a informação dos órgãos cadastrados no Sistema. Cada mídia deve estar associada a um órgão.

Procedência: Contém a informação das procedências cadastradas no Sistema de Mídias Digitais. A procedência indica a origem da mídia no SMD-Saúde. Esta pode ser uma fotografia de uma cirurgia, um exame por imagem, entre outros.

CID-10: É a listagem mundialmente conhecida do Código Internacional de Doenças (CID). Este é o padrão para catalogação das doenças e problemas relacionados à saúde.

Tipo de Mídia: Contém as informações de tipos de mídias cadastradas no sistema. São exemplos de tipos de mídias: som, imagem, filme, texto, etc. O sistema está sendo estruturado para suportar a inserção de filmes, exames de som e exames no formato Dicom.

4.3 Informações de Materiais

Este módulo possui as informações de materiais disponibilizados no SMD-Saúde. Todos os cadastros realizados por alunos referentes a esta área permanecem inativos, até que o professor responsável pela informação valide a veracidade das informações e ative o material no sistema. A partir desta ação, a informação se torna pública.

Os itens abordados foram baseados na opinião dos especialistas da área médica. Houve uma participação ativa de professores de uma faculdade de medicina na concepção dos conteúdos, através de reuniões de “braistorming” e análise dos materiais físicos nos arquivos existentes na instituição. De acordo com [16], a experiência dos usuários é essencial para o desing de interação, pois leva em conta como um produto se comporta e é usado por pessoas do mundo real.

Paciente: Contém informações sobre os pacientes cadastrados no sistema. Esses podem ser reais ou fictícios. Caso sejam pacientes reais, o sistema possibilita o armazenamento criptografado da autorização escrita para uso do material disponibilizado.

Mídias: Relaciona as mídias cadastradas no sistema. Uma mídia pode ser qualquer informação, como imagens, vídeos, sons, textos, exames, entre outros.

Grupos de mídias: Permite agrupar diferentes arquivos de mídias para que possam ser acessados em conjunto, como, por exemplo, em um caso de estudos ou pertencentes a um único paciente.

Diagnósticos: Contém os diagnósticos disponíveis no sistema. Cada diagnóstico deve ter um código de CID-10 relacionado a ele. Um diagnóstico pode fazer uso de diversas mídias que demonstrem informações a ele pertinentes.

Casos de Estudo: Local de cadastro de casos de estudos que podem ser verídicos ou fictícios. Um caso de estudo pode estar relacionado a um paciente e ter vários tipos de mídias demonstrando o caso. Os casos de estudo, depois de liberados para consulta, podem receber comentários dos usuários que o

consultarem. Desta forma, o sistema fomenta a interação e troca de opiniões entre seus usuários.

O sistema está em fase final de desenvolvimento e a sua validação seguirá os padrões de testes e princípios de [17], além utilizar um número de usuários considerado aceitável para testes de usabilidade, que é de 5 a 12 usuários, conforme [18].

Como citado por [19], atualmente os testes de usabilidade se preocupam não só com métricas tradicionais, mas com as metas de experiência dos usuários, o que está sendo levado em consideração. Ainda, medidas de desempenho quantitativas serão obtidas, fornecendo dados como: tempo para completar uma tarefa; tempo para completar uma tarefa após um determinado tempo longe do produto; número de erros por tarefa; número de erros por unidade de tempo; número de usuários que cometem o mesmo erro; e número de usuários que completam as tarefas com sucesso, corroborando com [20].

5. COMPARATIVO COM OUTROS BANCOS DE IMAGENS

Existe a nível nacional [21] e internacional [22] [23] [24] [25] diversos bancos de imagens, cada um com características próprias. Na sequência é realizado um pequeno comparativo entre os bancos pesquisados e o SMD-Saúde.

Em [22] pode ser encontrado o Medical Photographic Library, um ambiente no qual é possível a busca e aquisição de imagens de diversas áreas da saúde. A responsável pelo controle destas imagens é o Wellcome Trust. O acervo de imagens é abastecido por colaboradores e para obter as imagens deve ser paga uma taxa. A catalogação das imagens é através de metadados, bem como a consulta das mesmas e os dados incorporados as imagens. No site desenvolvido para interação com usuários não foi levado em consideração aspectos de acessibilidade nem usabilidade. O site possui uma distribuição de informações não padronizada e não intuitiva para os usuários.

O Custom Medical Stock Photo [23] é um ambiente onde é possível encontrar imagens da área da saúde. As imagens são pagas e a busca orientada a metadados, dividida por assuntos. Seu site é limpo, claro, com fundo branco e de fácil acesso. Porém, tem como maior inconveniente o custo, que é alto para um estudante.

O sistema HonMedia images [24] é coordenado pela Health on the Net Foundation e é, na realidade um site apontador para localização de imagens. O sistema direciona para os locais onde pode ser encontrado imagens dependendo da palavra fornecida. É baseado no vocabulário Mesh. Trata-se de um site de busca, bastante parecido com o Google, porém específico para imagens.

O Images in Pediatric Cardiology [25] é um jornal onde é possível encontrar imagens da área de cardiologia Pediátrica. O site é claro e limpo, porém a busca por metadados torna-se mais complexa por ser um jornal e não um banco de imagens.

Em [21] encontra-se o banco de imagens da Biblioteca Virtual de Imagens Médicas (BVIM) que tem como objetivo gerenciar e recuperar imagens na área da saúde. O sistema funciona localmente ou na internet. A catalogação e busca é realizada através de metadados.

Analisando os sistemas correlatos, é possível destacar as seguintes características diferenciadas no SMD-Saúde:

- Armazenamento de imagens, vídeos, som e texto. Os demais sistemas analisados trabalham tão somente com textos e imagens.

- Design da interface centrada no usuário para o desenvolvimento do software, levando em consideração aspectos da área da saúde.

- O acesso através metadados pode ser identificado em todos os softwares analisados, porém, no SMD-Saúde, a pesquisa pode se dar também através da seleção de sistemas do corpo humano (circulatório, esquelético, etc), de órgãos, de tipos de mídias e de casos de estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma considera-se que o SMD-Saúde aborda conteúdo adequado para fins educacionais, de qualidade e relevante para a prática clínica, baseado em evidências, corroborando assim com estudos atuais [9].

Ainda, o uso de uma interface planejada, agradável, de apresentação interessante e desafiadora, alinhado com diversos tipos de mídias utilizadas no ensino da medicina, estimula a busca contínua do saber e a resolução de problemas, sendo estes fatores cruciais na formação de bons profissionais.

O uso de tecnologias emergentes, como framework Dicon e vídeos no ensino da medicina integra a teoria e a prática através da interatividade multidisciplinar, elevando a qualidade dos materiais e profissionais formados nas instituições de ensino.

Por fim, graças ao uso de uma interface meticulosamente planejada e focada, o SMD-Saúde surge como um repositório de mídias diferenciado, que proporciona vivência aos alunos, transmitindo experiência e conhecimento tácito, objetivos não antes atingidos, trazendo a realidade para dentro da sala de aula.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Bez, M. R.; Fores, C. D.; Zanatta, E. J.; Sebastiani, R. L.; Vicari, R. M. Banco de imagens médicas para desenvolvimento de material pedagógico. In: *SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2010, João Pessoa. Anais do SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. João Pessoa: UFPB, 2010. v. 1. p. 1-10
- [2] Sebastiani, R. L.; Flores, C. D.; Bez, M. R. Uso de Imagem para o Ensino em Medicina. In: *Fifth Latin American Conference on Learning Objects*, 2010, São Paulo. Fifth Latin American Conference on Learning Objects, 2010. v. 1.
- [3] Carrare, A. P. G. D.; Amaral, L. H.; Moura, L. A. R. Imagens médicas digitais – preservação, ensino e pesquisa. *Arq. Med. Hosp. Hosp. Fac. Cienc. Med. Santa Casa de São Paulo*. 2008; 53(2):58-63.
- [4] Campos, F. C. A.; Rocha, A. R. C.; Campos, G. H. B. Design Instrucional e Construtivismo: Em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software. In: *IV Congresso RIBIE*. Brasília, DF, 1998.
- [5] Roncarelli, D. Desafios e Perspectivas do Design Instrucional: Contexto Sócio-Técnico, Saberes e Abordagens Pedagógicas. In: *II Seminário Nacional em Estudos da Linguagem: Diversidade, Ensino e Linguagem*. Cascavel, PR, 2010.
- [6] Dix, A. *Human-Computer Interaction*. England: Pearson, 2004.
- [7] Galitz, W. O. *The Essential Guide to User Interface Design*. Indianapolis, IN: Wiley, 2007.

- [8] ISO 9241:210. Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems. European Committee for Standardization.
- [9] Jha V.; Duffy, S. Ten golden rules' for designing software in medical education: results from a formative evaluation of DIALOG. *Medical Teacher* [serial online]. July 2002;24(4):417-421.
- [10] Preece, J. *Interaction design: beyond human-computer interaction*. New York, NY: John Wiley & Sons, 2002. xi
- [11] Memória, F. *Design para a Internet: projetando a experiência perfeita*. Rio de Janeiro: Elsevier. 2005.
- [12] Tidwell J. *Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design*. 2nd. Edition O'Reilly Media Inc. 2011.
- [13] Pearson, M. *Development of a Web Site Usability Instrument Based on ISO 9241-11*. *Journal of Computer Information Systems*. 47, 1(2006): 66-72.
- [14] Schaffer, E. B. Usability: Designing web sites for persuasion, emotion and trust. May, 2010. Disponível em: www.uxmatters.com/mt/archives/2009/01/beyond-usability-designing-web-sites-for-persuasion-emotion-and-trust.php. Acesso em abril de 2014.
- [15] Morville, P. *Ambient Findability*. O'Reilly Media Inc. 2005.
- [16] Garrett, J. J. *The Element of User Experience: User-centered design for the web and beyond*(2nd edn). New Riders Press. 2010.
- [17] Myers, G. J. *The art of Software Testing*. 2ed. Jonh Wilwy & Sons Inc. 2004
- [18] Dumas, J. S. and Redish, J. C. *A practical Guide to Usability Testing* (rev. Edn). Intellect, Exeter. 1999.
- [19] Rogers, Y.; Sharp, H.; Preece, J. *Interaction Design: Beyond Human – Computer Interaction*. 3ed. Wiley, 2011.
- [20] Wixon, D.; Wilson, C. The usability engineering framework for product design and evaluation. In M.G. Helander, T.K. Landauer and P.V. Prabju (eds) *Handbook of Human-Computer-Interaction*. Elsevier, Amsterdam, pp.653-688, 1997.
- [21] Carrare, A. P. G. D. *Biblioteca de imagens em Medicina (BVIM)*. São Paulo. Tese – Universidade Federal de São Paulo. 2005.
- [22] The Wellcome Trust. *Medical Photographic Library* [online]. Disponível em <http://medphoto.wellcome.ac.uk>.
- [23] Custom Medical Stock Photo [online]. Disponível em: <http://www.cmsp.com/vlightbox/vlb12b1/welcome>.
- [24] Health on the Net Foundation. *HonMedia: Images* [online]. Disponível em <http://www.hon.ch/Media/media.html>.
- [25] Grech, V. *Images in Pediatric Cardiology* [online]. Disponível em <http://www.health.gov.mt/impaedcard/index.html>.

Design and development of a prototype of an interactive hospital room with Kinect

Julian Arcos Argoty
Systems and Computing Engineering
Department
Universidad de los Andes
Bogota, Colombia
je.arcos31@uniandes.edu.co

Pablo Figueroa
Systems and Computing Engineering
Department
Universidad de los Andes
Bogota, Colombia
pfiguero@uniandes.edu.co

ABSTRACT

When patients visit hospitals, they tend to develop negative feelings such as anxiety and lack of comfort. This paper uses the techniques of Interaction Design and User-Centered Design with the main objective to ask users about their needs and requirements to develop an interactive hospital room with a natural interaction device like Kinect, so we could achieve a reduction on those negative feelings described previously.

This will allow that people could use their voices and a set of body gestures to control basic devices that could be found in a hospital room, making the hospitalization process a different, more comfortable and with more autonomy. Prototypes were developed and evaluated into two stages by people that could use the application potentially. The results show that people agree to use this form of interaction in terms of comfort, performance and utility.

Categories and Subject Descriptors

J.3 [Life and Medical Sciences]: Health; H.5 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces—*user-centered design*

General Terms

Theory, Experimentation, Design

Keywords

Human-Computer Interaction, Interaction Design, Natural Interfaces, Voice Recognition, Kinect, Patient Engagement

1. INTRODUCTION

Studies have shown that satisfaction levels in Hospitals regarding comfort are low. But the term comfort in this situation is more related to the opportunity to choose independently some tasks. People do not feel comfortable to ask for help except in limited situations [2]. Unfortunately

when patients have to be hospitalized, they need to rest and stay in bed for several hours before returning to their normal activities [1]. The next paper presents a proposal based on Natural Interaction methods to try to return on some level the independence to some patients that might feel uncomfortable to ask for help even for a small thing such turning off the lights before going to sleep for example.

2. RELATED WORK

An important number of projects have been working to try to incorporate Natural Interaction devices into health care facilities. Unfortunately those are only focused on the interaction used by doctors and physicians. For example those used in surgical rooms where Kinect is used to control by gestures a set of medical images surgeons use to prepare the operation [3, 12]. Although these seem interesting applications to use in Hospitals, these are not centered in the patient. There is the case of the work made by Posada-Gomez [10], where tries to introduce the Kinect in patients. Unfortunately the paper lacks to explain if it was evaluated and if the confidence of their system could work on actual patients.

3. METHODOLOGY

In order to follow a user-centered design methodology, this project has been divided into three different phases. The first phase is called User Requirements where we establish the needs and tasks of future users. The second and third phases will describe the design, development and evaluation of the first and second prototype respectively [11].

4. USER REQUIREMENTS

We had the opportunity to talk to two (2) patients, one physician, one designer, one anthropologist and one representative of the administrative department. The first patient told us he was not able to use the things in his room independently. It was difficult to talk to the second patient because the noise in the room was excessive, but her arms were free to move independently. The doctor told us that the prototypes should answer a general case because in medicine there is the difficulty that each disease has its limitations. A common requirement that was addressed by the anthropologist and the designer was that the application should try to return the autonomy to the patient but without forcing him to do something harmful or painful to the patient. Finally, the director of the hospital said that one requirement was addressed to reduce the number of interaction devices,

specially remote controls due to the risk of crossed contamination that are associated to this type of appliances.

5. PROTOTYPE DESIGN

After we gathered a set of tasks and requirements that user might use during they staying in the Hospital, we took the decision that the patient will need an interactive tool so he could activate some devices inside his room remotely. The interaction types chosen were Voice and Gestures, which are supported by the Kinect [5].

The voice interaction needs a speech recognition module that could be capable to understand human language and then interpret it as a command. We used the method proposed by Jana, where the raw speech is received by the device and the listened words are broken into phonemes [8]; this model is called the Acoustic Model. In our application we have got an inbuilt dictionary composed by the words or phrases we need according to the tasks to make; this model is called the Language Model [6].

To make possible an interaction through gestures, we made a model that consisted basically to track a set of important joints of the skeleton provided by the Kinect. Then we calculate the distance between them (e.g. right hand and head distance), and its position. This allowed knowing if the right hand was above the head, at the right, or in front of it.

5.1 First Prototype

After the user requirements phase the applications that we took the decision to control seven (7) different applications. This included the control of the window curtains (open and close), the control of lights (on and off), the nurse call (nurse) and the control of a TV (TV on and TV off). The proposed method to perform those activities was going to be using voice commands and gestures as inputs, and a circuit that activate some output devices like LEDs or a servomotor.

Table 1: List of activities (*Voice commands in Spanish)

No.	Task	Voice command	Gesture command
1	More light	More	Right Hand Up
2	Less light	Less	Right Hand Right
3	Call nurse	Nurse	Right Hand Front
4	Open curtains	Open	Left Hand Up
5	Close curtains	Close	Left Hand Left
6	TV on	On	Left Hand Front
7	TV off	Off	Left Hand Front

This prototype was tested by eight participants (aged between 18 and 38 years). They were asked to repeat each word and each gesture five times achieving a total of forty words and gestures to be recognized. The threshold for the voice was set in 0.80. The test was made in a closed room with the following dimensions: 2.50m x 2.30m x 2.20m. The distance from the Kinect to the user was 100cm.

5.2 Second Prototype

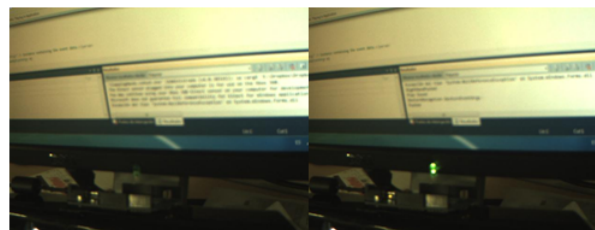


Figure 1: The image shows two stages of the LED connected to an Arduino Leonardo, that worked as a small display that alerts the user that the system is ready to receive the second command. The left of the image shows the LED before the activation and the right of it, shows it activated.

Before to implement the necessary changes to the second prototype, we explain some decisions for the new design. First of all the first prototype was trying to control four different technologies of interaction with limited vocabulary and limited set of gestures. Instead of this we proposed to only control the basics functions of a TV. The TV was controlled through a service RS232 port which was available on an LG 42 inches LED TV [4]. Second of all we changed the vocabulary in the dictionary and pass from commands only made with one word to a phrase composed by two words. The reason of this was that it is more significant and more intuitive for the user. Finally we introduce a safety control to the application; a two steps activation method. The system needs to be activated and then perform the actual tasks whether through voice or gestures commands. So, this will allow us to have four types of interactions [11]:

Table 2: Ways of interaction

No.	Activation	Second command
1	Voice	Voice
2	Voice	Gesture
3	Gesture	Gesture
4	Gesture	Voice

The users knew that the system was activated because a LED was turned on for ten (10) seconds waiting for the second command. Also, a user guide was introduce to every participant to illustrate them how to use the commands to control the TV. This prototype was tested by eighteen (18) participants (aged between 18 and 59 years). They were asked to read a script controlling the basics functions of the TV, like changing channels, control the volume and turning it on and off. Again the threshold for the voice was set in 0.80. The test was made in a closed room with the following dimensions: 2.50m x 2.30m x 2.20m. The distance from the Kinect to the user was 150cm.

6. RESULTS

6.1 First Prototype

Three different tests were performed for the first prototype. The first one was a trial of voice recognition, whether if it was a correct interpretation or a false positive for each word. We had a total of forty (40) set of each word, achieving an average of thirty eight (38) words positively recognized. The

Table 3: List of activities (*Voice commands in Spanish)

No.	Task	Voice command	Gesture command
1	Activation	Activate	Join hands
2	Channel Up	Channel Up	Right hand right
3	Channel Down	Channel Down	Left hand left
4	Volume Up	Volume Up	Right hand up
5	Volume Down	Volume Down	Left hand down
6	TV on	TV On	Right hand front
7	TV off	TV off	Right hand front
8	TV - Video	Help	Left hand front
9	Video - TV	Exit	Left hand front

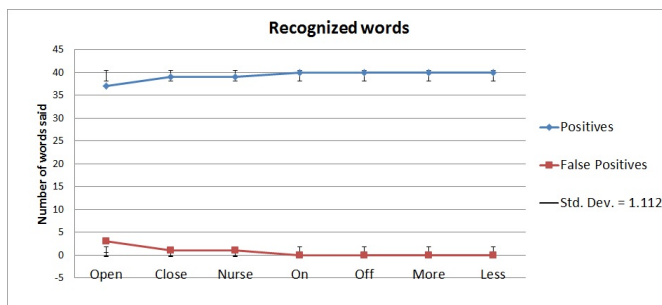


Figure 2: Number of words positively recognized (blue) vs. false positive results (red). A positive tendency is observed in most of the successfully recognized words.

second test was made to determine the level of confidence of each one of the used words. On a scale from 0.0 as no confidence to 1.0 as total confidence, the average of all of the words was 0.90, which means that a good level of recognition was achieved. The third and last test was made to try the gestures. Once again five (5) repetitions of each gesture were asked to do to the participants obtaining a total of forty (40) gestures. On average thirty seven (37) gestures were recognized positively which means that only three were recognized negatively.

6.2 Second Prototype

For the second prototype six (6) tests were performed. The first, second and third ones were similar to those realized in the previous prototype. We tested voice recognition correctness (Figure 5), voice confidence level (Figure 7) and gesture recognition correctness (Figure 6). Once again we obtained high levels of positive recognition for voice and gestures (97% for voice and 93% for gestures). The confidence of changing words to phrases was successfully increased, as now the average of the level of recognition is 0.97. The fourth test was made to determine which interaction was preferred by the users. The tests showed that 62% of the times people used voice commands instead of the 38% that used gestures (Figure 8). The fifth test was made to understand if people liked to do the activation through voice or gestures and the second command again with voice or gestures. The results showed that people like to begin and end the whole tasks

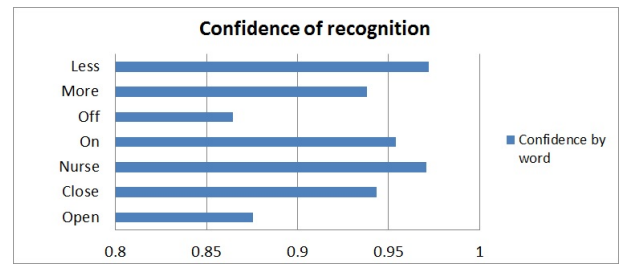


Figure 3: Confidence level for the recognition of each of the seven words. Five of the seven words have a confidence level above 0.90. The other two have a confidence level around 0.87 which is also considered as good.

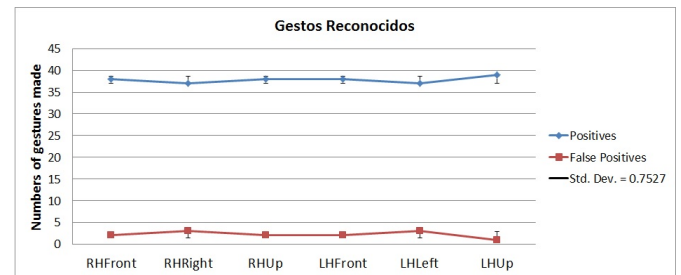


Figure 4: Number of gestures positively recognized (blue) vs. false positive results (red). A positive tendency is observed in most of the successfully recognized gestures.

with only one type of interaction; they were not too keen on mixed them up, like activate the system with voice and then follow with a gesture. Finally a qualitative test was performed to get their satisfaction levels using a Likert [7] scale where 1 is a negative concept and 7 is a positive one (Figure 9).

7. DISCUSSION

This paper focused most of its attention to the capabilities of a Natural Interaction devices such as Kinect to restore at certain level the autonomy of patients in hospitals [9]. The device proved to be confident to recognize speech and certain gestures of people when seated at certain distance from the Kinect. The trials performed to twenty six (26)

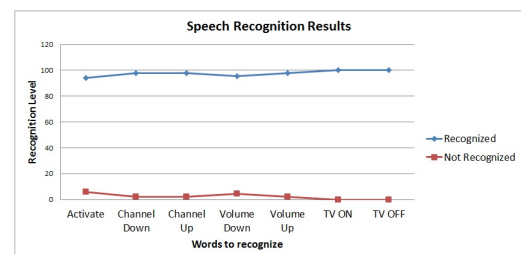


Figure 5: Number of phrases positively recognized (blue) vs. false positive results (red). A positive tendency is observed in most of the successfully recognized phrases.

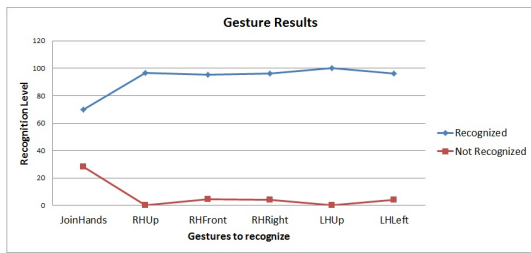


Figure 6: Number of gestures positively recognized (blue) vs. false positive results (red). A positive tendency is observed in most of the successfully recognized gestures. The first one has the worst number of recognition which will be changed in a future work.

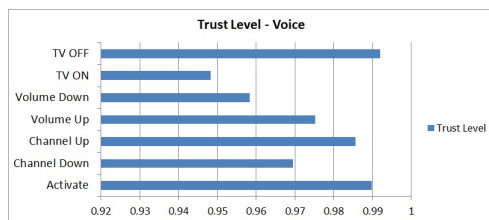


Figure 7: Confidence level for the recognition of each of the seven phrases. All of the voice commands have a trust level nearly 0.95 and above.

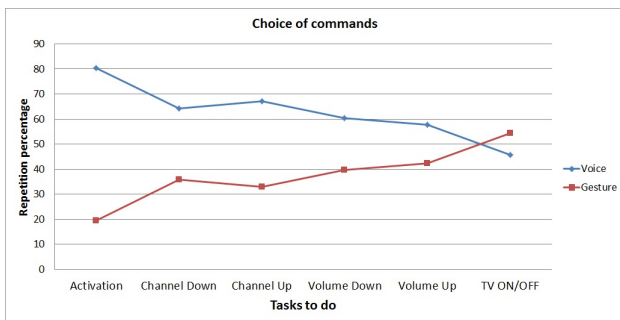


Figure 8: The image shows the preference of the users to use voice commands to do the tasks rather than gestures.

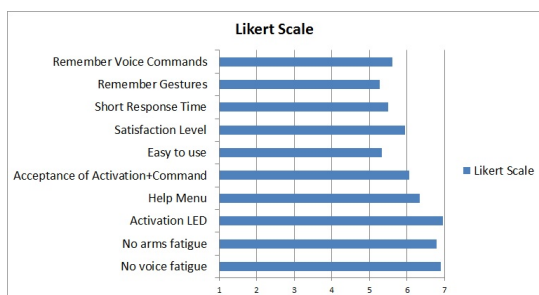


Figure 9: The image shows the qualitative results regarding a subjective satisfaction level. Most of the appreciations are in the range of 5 and 7, which means a positive result for this test.

different people gave us the idea that could be usable to some patients that are recovering in a hospital room.

The gestures and the voice commands proved to be easy to use and remember according to the participants of our experiment. None of them needed to use the help of our system and they started to use the application right away. The advantage of using this device is the possible elimination of using multiple controls (bed control, TV control, nurse calling system) and gather them into only one system, avoiding crossed-contamination in health care institutions.

8. FUTURE WORK

The first and most important future development will be to try this system into a real hospital room with also real patients with low mobility and that could benefit from this application. There is also the necessity of expanding the vocabulary of the system to attach more applications like those seen in the first prototype.

9. REFERENCES

- [1] R. Baker, A. W. Wu, J. M. Teno, B. Kreling, A. M. Damiano, H. R. Rubin, M. J. Roach, N. S. Wenger, R. S. Phillips, N. A. Desbiens, et al. Family satisfaction with end-of-life care in seriously ill hospitalized adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(5 Suppl):S61–9, 2000.
- [2] S. Botti and S. S. Iyengar. The dark side of choice: When choice impairs social welfare. *Journal of Public Policy & Marketing*, 25(1):24–38, 2006.
- [3] L. Ebert, G. Hatch, M. Thali, and S. Ross. Invisible touch control of a dicom viewer with finger gestures using the kinect depth camera. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 1:10–14, 2012.
- [4] L. Electronics. User manual - 32lv3700, 2013.
- [5] C. Glynos. 3d skeleton extraction using a single kinect camera. Msc thesis, Bournemouth University, 2012.
- [6] A. Jana. *Kinect for Windows SDK Programming Guide*. Packt Publishing, 2012.
- [7] R. Likert. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932.
- [8] Microsoft. How speech recognition works (microsoft.speech), 2013.
- [9] Microsoft. *Human Interface Guidelines v1.7.0*, 2013.
- [10] R. Posada-Gómez, C. O. Rodríguez-Bernardo, P. S. Luna-Bravo, G. Alor-Hernández, A. Martínez-Sibaja, and A. R. González. Development of a natural interaction interface for people with disabilities in a home automation control room. In *Intelligent Environments (Workshops)*, pages 353–361, 2012.
- [11] H. Sharp, Y. Rogers, and J. Preece. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley, 2 edition, Mar. 2007.
- [12] B. Suelze, R. Agten, P. Bertrand, T. Vandenryt, R. Thoelen, P. Vandervoort, and L. Grieten. Waving at the heart: Implementation of a kinect-based real-time interactive control system for viewing cineangiogram loops during cardiac catheterization procedures. In *Computing in Cardiology Conference (CinC)*, 2013, pages 229–232. IEEE, 2013.

Interacción Basada en Movimiento para la Rehabilitación de Levantarse desde el Estado de Sentado

José Antonio Fernández Valls
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
JoseAntonio.FernandezValls@
gmail.com

Victor M. R. Penichet, María
Dolores Lozano, Juan E.
Garrido
Universidad de Castilla-La Mancha
(UCLM)

{Victor.Penichet, Maria.Lozano,
Juanenrique.Garrido}@uclm.es

Carlos Gimena Bello
Universidad de Casilla-La Mancha
cgimenabello@gmail.com

ABSTRACT

Cada día aumenta el número de casos encontrados de enfermedades que afectan al cerebro y que necesitan tratamiento en un centro de rehabilitación, tales como el Parkinson, el Alzheimer, los Ictus Cerebrales o la Esclerosis Múltiple. Algunas de ellas, suelen obligar al paciente a asistir a rehabilitación de forma ininterrumpida, lo cual exige desplazamientos diarios y la continua supervisión de un terapeuta. Muchos de estos pacientes necesitan reeducar alguno de los ejercicios básicos que se realizan en el día a día, como levantarse de una silla o caminar a cada paciente sin balancearse. Para ello, los terapeutas deben dedicar una cantidad de tiempo grande todos los días en comprobar que los pacientes realizan estos ejercicios de forma correcta. En este artículo, se presenta un sistema que monitoriza al paciente en su proceso de rehabilitación para el ejercicio de levantarse de una silla, ayudando así mismo al rehabilitador a poder atender a más pacientes al mismo tiempo, además de poder personalizar el ejercicio a cada paciente en particular. El sistema evalúa en tiempo real al paciente y le aconsejará sobre cómo corregir los posibles errores que cometa.

Categories and Subject Descriptors

H.5 [Information Interfaces and Presentation]

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Stroke rehabilitation, brain diseases, Kinect, movement interaction.

1. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo van aumentando en nuestra sociedad los casos de enfermedades que afectan al sistema nervioso central. La gran mayoría de estos casos llevan al paciente a realizar rehabilitación en orden de acabar con estos problemas. El tiempo de rehabilitación varía dependiendo del caso, pudiendo llegar a prolongarse durante el resto de la vida del paciente, como en muchos casos de Esclerosis Múltiple o Parkinson. Además, los ejercicios que realizan los pacientes deben ser supervisados por un rehabilitador, lo que implica que se necesita mucho tiempo y personal para realizar el tratamiento. Teniendo en cuenta los dilatados tiempos de espera actuales en los centros de rehabilitación, es necesario encontrar una solución para facilitar la rehabilitación de los pacientes y conseguir mayor eficiencia en los tratamientos llevados a cabo por los especialistas.

Con los actuales avances tecnológicos, tareas que antaño suponían un gran coste de tiempo ahora se pueden realizar de forma ágil y automática. Esta tecnología también se aplica a los campos de la

medicina y a los entornos sanitarios, pese a que no está completamente integrada en el ámbito de programas para la rehabilitación de pacientes.

Gracias a la aparición de los dispositivos de interacción basada en movimiento, tales como Microsoft Kinect, se abre un mundo de posibilidades a la hora de aplicar la tecnología a los casos de rehabilitación. Estos dispositivos permiten al paciente poder interactuar con el programa sin la necesidad de utilizar ningún periférico, lo que suponía un gran impedimento para una parte de estos pacientes.

En este artículo se presenta un sistema que emplea dispositivos de interacción basados en movimiento que permiten a un paciente realizar uno de los ejercicios más comunes en el tratamiento de accidentes o enfermedades que afectan al cerebro, como es levantarse de una silla. En base a esto, la aplicación ayudaría tanto al paciente como al rehabilitador. El paciente no necesita desplazarse al centro sanitario para poder realizar su rehabilitación, pudiendo llevarse a cabo desde casa. Por su parte, el rehabilitador puede seguir controlando la evolución del paciente sin la necesidad de corregirlo mientras realiza los ejercicios, pudiendo dedicar más tiempo a realizar otras tareas o a otros pacientes en el centro sanitario.

Gracias a estos puntos se podría aumentar la calidad de vida del paciente así como agilizar las listas de espera de los centros de rehabilitación, siendo estos aspectos la fundamental motivación del sistema presentado en este artículo.

El resto de artículo está organizado como sigue: el apartado 2 se describen una serie de antecedentes y aplicaciones relacionadas con la solución presentada. El apartado 3 presenta el asistente de rehabilitación desarrollado haciendo uso de Kinect para el ejercicio de levantarse de una silla. En el apartado 4 se presentan los resultados obtenidos en dos evaluaciones realizadas del sistema propuesto. Finalmente, el apartado 5 contiene las conclusiones del trabajo realizado así como el trabajo futuro que plantea.

2. APLICACIONES RELACIONADAS

Debido a la aparición de los dispositivos de interacción basados en movimiento, los cuales permiten monitorizar los movimientos y posturas de los usuarios, ha surgido un gran interés en su aplicación en el ámbito de la medicina. En este ámbito, los investigadores han encontrado en los procesos de rehabilitación un entorno interesante para aplicar los beneficios que proveen estos dispositivos.

En primer lugar, hay que destacar la experiencia previa de los autores en el uso de los dispositivos de interacción basados en movimiento en los entornos sanitarios. Más concretamente, se ha desarrollado un sistema de detección de caídas y desmayos [2] y un sistema de rehabilitación funcional [3] que permite la realización

de un ejercicio que permite recordar a las personas con trastornos neurodegenerativos cómo andar de forma correcta y sin balancearse. En ambos sistemas se ha hecho uso de Microsoft Kinect como dispositivo de interacción.

En relación a los sistemas que pretenden mejorar los procesos de rehabilitación, han surgido una serie de juegos virtuales denominados *serious games*. Se introduce al paciente en un mundo virtual en el que realizar una serie de actividades que le ayudarán en su mejora. La finalidad de estos sistemas es motivar a los pacientes para que su rehabilitación sea más efectiva y entretenida ([1], [4], [5]). A continuación, se van a describir algunos sistemas que aplican dispositivos de interacción basados en movimiento en los procesos de rehabilitación.

El primer sistema que ha sido estudiado es VirtualRehab [8], trabaja con funciones afectadas en enfermedades neurodegenerativas, trastornos neuromusculares y daño cerebral adquirido. La aplicación está basada en el uso de Kinect y de un entorno virtual que permite al paciente realizar nueve ejercicios diferentes que permiten la mejora del equilibrio, la coordinación y la resistencia. El paciente se verá representado por un avatar que realizará sus mismos movimientos. Se ofrece la posibilidad de realizar los ejercicios pautados tanto en el centro sanitario como en su propia casa. Además, permite que el enfermo sea monitorizado remotamente por su fisioterapeuta para analizar su evolución.

SeeMe [7] es otro sistema que hace uso de Kinect para interactuar con los pacientes y mejorar el proceso de rehabilitación. El programa se ayuda de ocho juegos para conseguir que el paciente realice el proceso de rehabilitación de forma más entretenida, con ayuda de un ordenador, dos monitores, uno para el rehabilitador y otro para el paciente, y una cámara Kinect. El punto fuerte de esta aplicación viene en su sistema de gestión de pacientes, que permite crear planes individuales para cada uno de ellos, de forma completamente personalizada, pudiendo elegir la rutina de juegos más recomendada para cada paciente. Este sistema está pensado para realizarse en un centro de rehabilitación junto a un terapeuta, que irá monitorizando las constantes y la progresión del paciente conforme realiza el ejercicio.

El último sistema analizado es Reflexion Rehabilitation Measure Tool (RMT) [9]. Este sistema, mediante el uso de Microsoft Kinect, permite al paciente realizar ejercicios de rehabilitación desde su hogar. Los datos recogidos por los ejercicios son enviados a profesionales de la medicina para analizar los resultados y actualizar la terapia de los pacientes, en caso de ser necesario. Los ejercicios de rehabilitación permiten al paciente corregir sus fallos y hacer más entretenida su realización mediante el uso de feedback interactivo. El programa se basa en la realización de ejercicios con la ayuda de un muñeco guía que indica al paciente los pasos que debe seguir, mientras se ve reflejado mediante una sombra que representa su cuerpo en el programa.

La principal característica que diferencia al sistema a desarrollar de los anteriormente nombrados es la interfaz. El sistema a desarrollar ofrece una interfaz no virtual, basada en la imagen real del usuario, lo que permite que el paciente se vea a sí mismo y pueda corregir sus fallos sin la ayuda del sistema (por ejemplo, al verse con la espalda desviada). De esta forma el paciente no depende de un avatar, con el que puede que no se sienta identificado, sobre todo en la tercera edad, donde el rechazo por la tecnología es mayor, y no están acostumbrados a verse reflejados en un avatar, lo que puede confundirlos y producir un rechazo hacia el sistema. Además, otra diferencia es que el sistema presentado no se encuentra dentro del grupo de *serious games*, por lo que no se trata de juegos sino de ejercicios reales que se llevan a cabo en procesos de rehabilitación.

A continuación, se va a mostrar una comparación entre el sistema presentado y cada una de los sistemas descritos.

Comenzando por VirtualRehab, la principal diferencia se encuentra en los ejercicios propuestos, los cuales son ejercicios no funcionales, en los que el paciente debe tocar puntos que te marca la interfaz, sin ningún objetivo ni situación que pueda ocurrir en el día a día de un paciente. El ejercicio presentado en este artículo es funcional, permitiendo a los pacientes realizar un ejercicio que muy probablemente usen a menudo en su vida cotidiana, como es levantarse de una silla.

En cuanto a SeeMe System, la diferencia es la posibilidad de realizar los ejercicios en casa sin necesidad de la continua supervisión de un terapeuta. Con el sistema de corrección, el paciente puede realizar los ejercicios y mejorar la forma en que los hace, pudiendo ir más adelante a la consulta para ver si se ha producido una mejoría en la realización. Con SeeMe System siempre será necesaria la presencia de un especialista en rehabilitación para controlar la evolución del paciente.

Para terminar, el sistema RMT no permite el grado de personalización que ofrece el sistema presentado. Si un paciente padece una invalidez alta o total en alguno de sus miembros, el programa estaría destinado a fallar y el terapeuta solo podrá asignar al paciente una serie de ejercicios muy limitados. Con el sistema desarrollado podrán crear configuraciones específicas para cada paciente, así como modificar el ejercicio para adaptarlo al posible grado de discapacidad del paciente.

3. EJERCICIO DE LEVANTARSE

Las personas con daño cerebral presentan trastornos que dificultan su vida diaria, llegando a limitarlos cuando caminan, agarran objetos, suben o bajan escaleras, etc. Estas actividades son naturales y fáciles de realizar para personas que no padecen estas enfermedades pero se presenta un obstáculo importante aquellas que sufren algún daño neurodegenerativo o cerebral. Además, muchas enfermedades obligan a los pacientes a asistir a rehabilitación durante largos periodos de tiempo, incluso llegando a tener que asistir de por vida, como en la Esclerosis Múltiple. Puede llegar a resultar muy molesto y pesado para los pacientes desplazarse diariamente para realizar una serie de repetitivos ejercicios, así como para los terapeutas, que deben estar pendientes de la realización de estos ejercicios para corregirlos adecuadamente. Todo esto, junto con el aumento de las enfermedades en las que es necesario para el paciente asistir a rehabilitación, hace que las listas de espera para entrar en uno de estos centros se prolonguen en el tiempo.

En este sentido, los autores han desarrollado un sistema cuyo objetivo principal es ofrecer una herramienta que pueda ser aplicada en los centros de rehabilitación o permitir ser utilizado en la casa del afectado con el fin de ayudarles con sus discapacidades específicas.

A pesar de la cantidad de ejercicios que pueden ser realizados, el sistema desarrollado se centra en un ejercicio concreto, uno de los más realizados por pacientes que deben asistir a rehabilitación periodos muy largos de tiempo, generalmente por Parkinson o Esclerosis múltiple. Dicho ejercicio consiste en guiar a los pacientes para que aprendan o mejoren la capacidad de levantarse de una silla, uno de los ejercicios más comunes y repetidos en rehabilitación, corrigiendo cualquier error que puedan cometer en la realización. Para tal fin, el sistema ayuda a los pacientes durante la evolución del ejercicio analizando continuamente las posturas y movimientos realizados. Teniendo en cuenta los datos anteriores, el paciente recibe indicaciones acerca de los pasos que debe realizar

y como completar cada uno de ellos. De esta forma, el sistema utiliza Kinect para analizar posturas y movimientos como se describe en el apartado 3.1; y también, muestra en una pantalla al usuario la interfaz del sistema, que contienen diferentes indicaciones, correcciones e información complementaria.

El sistema es una herramienta auxiliar que beneficia a los principales grupos de personas implicados en el proceso de rehabilitación: los fisioterapeutas y sus pacientes. El paciente puede realizar los ejercicios desde casa, evitando desplazamientos para realizar la rehabilitación y otorgando a los fisioterapeutas mayor libertad y tiempo a la hora de realizar su trabajo.

Los siguientes subapartados describen la funcionalidad y fundamentos el sistema para saber cómo funciona, cómo los pacientes interactúan con el sistema y cómo el propio sistema guía a los pacientes a través de la interfaz.

3.1 Fundamentos y Despliegue del Sistema

La interacción basada en movimiento es el principal fundamento tecnológico del sistema propuesto. Los dispositivos que hacen uso de esta tecnológica permiten la detección de la posición y del movimiento gracias a la continua interacción con los usuarios que están dentro de su campo de visión. Ofrecen la posibilidad de analizar cada situación y actuar en consecuencia. La característica más importante es que la interacción por movimiento permite controlar el sistema mediante movimientos naturales como pueden ser realizando gestos con las manos o posturas con el cuerpo.

Para evitar interferir en la realización del ejercicio del paciente, se eligió usar la tecnología ofrecida por Microsoft Kinect, permitiendo monitorizar y corregir a un paciente sin imponerle el uso de ningún dispositivo. Este dispositivo ha sido elegido principalmente por dos motivos. El primero es debido a que Kinect tiene una fácil disponibilidad y su coste no es demasiado alto en comparación con otros dispositivos sin perder las capacidades esenciales. El segundo motivo es la extensión del dispositivo en proyectos médicos. Kinect ha sido y está siendo utilizado para multitud de aplicaciones relacionadas con el mundo de la salud. Por lo tanto, su integración en este campo ha sido muy buena y permite saber que tendrá una base sólida.

El objetivo del sistema es conseguir comprobar la postura y movimientos del paciente mientras está realizando el ejercicio sin que se produzcan interrupciones. La identificación de posturas y del movimiento es realizada mediante el uso del kit de desarrollo que Microsoft provee a los desarrolladores. Este proceso es elemento clave del sistema por lo que explicar cómo la identificación es realizada es esencial. La SDK permite reconocer todas las articulaciones del cuerpo que Kinect puede identificar, concretamente veinte puntos distintos del paciente. Estos puntos son proporcionados al sistema a través de una clase que representa el esqueleto y ofrece una manera accesible a ellos. Una vez que el sistema obtiene esta clase, el siguiente paso es buscar los puntos que son necesarios para identificar posturas correctas, recopilando su posición mediante los parámetros obtenidos. Cada posición es almacenada en una clase específica compuesta por un conjunto de tres valores que hacen referencia a la posición exacta del punto en

el espacio (ejes x, y, z). Una vez que las posiciones han sido almacenadas, la detección de la postura y movimientos del paciente comienza cuando el paciente está sentado en la silla.

El proceso de detección está basado en la consideración que hay partes del cuerpo que deben estar alineadas con una pequeña tasa de error durante algunos periodos de tiempo. La siguiente subsección describe qué pasos tienen que ser realizados por el paciente y qué partes del cuerpo tienen que estar alineadas en cada uno de estos pasos. Por ejemplo, los puntos que hacen referencia a los hombros tienen que estar alineados a la misma altura cuando el paciente empieza el ejercicio y esté sentado; de otra manera, el paciente estará realizando una postura incorrecta al comienzo del ejercicio.

El despliegue necesario para alcanzar el objetivo del sistema está compuesto por dos componentes principales. Por un lado, el servidor es el responsable de contener la información sobre los pacientes, la supervisión de los ejercicios, los propios ejercicios y las relaciones entre estas entidades. Esta información es necesaria para adaptar la interfaz y las condiciones de los ejercicios de una forma personalizada. Con tal fin, el servidor ofrece esta información a través de un conjunto de servicios web. Por otro lado, tres dispositivos componen el despliegue de la parte del sistema dónde son llevados a cabo los ejercicios: el dispositivo Microsoft Kinect, un portátil u ordenador personal y una pantalla. Es muy sencillo de desplegar y en caso de que el sistema sea desplegado en la propia casa de un paciente, éste puede desplegar el sistema de forma autónoma. Kinect está conectado al ordenador en el que el framework es ejecutado y debe estar situado frente a la silla que los pacientes utilizarán durante la realización del ejercicio. Cuando se vaya a realizar el ejercicio, el sistema indicará una línea en la pantalla dónde debe estar situada correctamente la silla. Finalmente, la pantalla es un elemento esencial, mostrando la interfaz del sistema. Es recomendable colocar la pantalla justo encima de Kinect para que el usuario vea su propia imagen de forma correcta. La interfaz guía a los pacientes como una herramienta auxiliar por medio de consejos, correcciones y otro tipo de información. La interfaz se describirá en profundidad en la sección 3.4 debido a su importancia durante la realización del ejercicio.

3.2 Descripción del Ejercicio

Este ejercicio está basado en la interacción de una persona al sentarse/levantarse. Para la realización de este ejercicio será necesaria una silla. El ejercicio real en terapias de rehabilitación se divide en varias partes que se deben realizar de forma consecutiva y por orden:

- *Postura inicial:* La persona debe estar *sentada*, sin estar inclinada hacia los lados, con la espalda recta formando un ángulo de noventa grados con los muslos. Las piernas deben estar separadas a la altura de los hombros, y el ángulo de la rodilla, entre el muslo y el gemelo, también debe ser de noventa grados.
- *Paso 1:* A continuación, la persona debe echar los *pies hacia atrás*, que queden por detrás de las rodillas, manteniendo la misma separación que en el paso anterior. Se debe mantener la espalda recta similar a la postura inicial.
- *Paso 2:* Manteniendo la postura anterior y situándose la persona en el borde de la silla, se deben echar los *brazos hacia delante*, que queden las manos por delante de las rodillas y a la altura del pecho aproximadamente, sin importar la separación entre ellas.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

- *Paso 3:* La persona debe *inclinarse la espalda* un poco hacia delante (aproximadamente cuarenta y cinco grados), manteniendo los dos pasos anteriores.
- *Paso 4:* En este momento debe *comenzar a levantarse*, hasta quedar de pie. Es importante que el paciente no se balancee mientras se está levantando. También se debe comprobar que el paciente no baje las manos mientras realiza este paso, ya que será fundamental para corregir su equilibrio a la hora de levantarse.
- *Postura final:* La persona debe estar *de pie*, con la espalda recta y los brazos pegados al cuerpo, así como los pies a la altura de los hombros.

Una vez terminada la repetición, el paciente debe volverá sentarse y comenzar nuevamente el ejercicio, hasta completar todas las repeticiones que el rehabilitador le haya asignado.

3.3 Funcionamiento General

Cada uno de los pasos del ejercicio real se ha adaptado al programa mediante los estados, como puede verse en la Tabla 1. Cada uno de los estados definidos implica acciones simples y esenciales de la vida de las personas sin ningún daño cerebral o neurodegenerativo. Sin embargo, los pacientes que sufren este tipo de trastornos, encuentran en ellas complejas situaciones que hacen que su vida sea más complicada. De esta manera, el sistema sigue cinco etapas simples con el fin de facilitar las instrucciones y ayudar al paciente en la realización de esta actividad.

Cada estado realiza una serie de comprobaciones sobre el usuario para determinar si avanza al siguiente estado. En caso de cumplir todos los requisitos pasa al estado siguiente, y en caso contrario, debe informar de los errores encontrados y qué es lo que el usuario debe hacer para corregirlos, manteniéndose en el mismo estado o pudiendo volver a alguno anterior, dependiendo del modo en que se encuentre el ejercicio. De acuerdo con el análisis de movimientos y posturas definido en el apartado 3.1, el sistema sabe qué indicaciones debe mostrar al paciente y cuándo hacerlo.

Tabla 1. Estados del ejercicio

ESTADO	PASO	CONDICIONES A CUMPLIR
Estado 0	Postura inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Espalda recta 90º • Pies altura hombros 90º
Estado 1	Paso 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pies detrás de las rodillas • Separación pies altura hombros
	Paso 2	<ul style="list-style-type: none"> • Manos hacia delante • Manos por encima cintura
	Paso 3	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinarse espalda hacia delante
Estado 2	Paso 4	<ul style="list-style-type: none"> • Levantarse sin balancearse
Estado 3		
Estado 4	Postura final	<ul style="list-style-type: none"> • Brazos pegados al cuerpo • Espalda recta • Separación piernas altura hombros

Existen dos modos diferentes para realizar el ejercicio: el *modo permisivo* y el *modo restrictivo*. El primero está dedicado a pacientes que están aprendiendo el ejercicio y que, en el momento de errar en alguno de los estados anteriores, el sistema volverá automáticamente a ese estado. El segundo está orientado a pacientes que ya han realizado muchas veces el ejercicio y conocen su funcionamiento, en el que aunque el paciente falle en uno de los pasos anteriores, el sistema sólo se limitará a advertir al usuario que ha cometido un error, permitiéndole seguir con el ejercicio sin la necesidad de volver atrás.

Cada vez que el paciente acaba con éxito un paso, el programa muestra mediante el cuadro de instrucciones la siguiente condición que el paciente debe realizar correctamente para avanzar de paso. A su vez, en el cuadro de animaciones se muestra al muñeco guía realizando esa misma instrucción cada pocos segundos.

El programa consta de una serie de sonidos y órdenes por voz para ayudar al usuario en la correcta realización del ejercicio. Después de cada comprobación de estado, si se ha completado un paso, un sonido de felicitación se escuchará, además de mostrarse una animación en la parte inferior de la pantalla, en el cuadro de pasos. Aparte del texto indicando cuál es la siguiente acción a realizar, el usuario podrá elegir que una voz le dicte lo escrito en el cuadro de instrucciones. Cada vez que el usuario cometa algún fallo se reproducirá un sonido para avisar del error. El funcionamiento del sistema de sonido y voz se verá ampliamente en el apartado 3.5.

3.4 Interfaz de Usuario

El sistema guía a los pacientes para que entrenen o aprendan a levantarse de una silla siguiendo las etapas descritas anteriormente mediante el uso de una interfaz intuitiva. El comportamiento de la interfaz depende del análisis que el sistema realiza a través del dispositivo Microsoft Kinect. El sistema comprueba continuamente la postura y el movimiento del paciente, como ha sido descrito en el apartado 3.1. Los resultados obtenidos permiten al sistema saber si el paciente ha realizado algún movimiento incorrecto y crear las indicaciones adecuadas para ayudar en la correcta completitud del ejercicio.

Las indicaciones que el sistema muestra son el principal elemento del asistente para los pacientes y sus fisioterapeutas. El asistente ayuda durante la evolución del ejercicio de una manera que permite la realización de los ejercicios sin la necesidad de la presencia física de los fisioterapeutas mientras los pacientes están realizando sus ejercicios. Por lo tanto, la interfaz es un elemento esencial para crear un entorno de rehabilitación que corrija a los pacientes de la forma más natural posible.



Figura 1. Interfaz de usuario del sistema

Tres zonas principales componen la interfaz del sistema, como puede verse en la Figura 1. Además, la zona más amplia puede dividirse en diversos componentes:

- Cuadro textual de información (ver Figura 1-1).
- Animación (ver Figura 1-2).
- Señal de Kinect (ver Figura 1-3).

La primera zona sirve para indicar la acción que el paciente tiene que realizar. Por ello, en esta zona textual se mostrará con una letra grande y clara la instrucción a completar. Será uno de los elementos principales para guiar al usuario durante el ejercicio ya que puede mostrar tanto el siguiente paso del ejercicio en caso de que se haya completado el actual, o puede indicar una corrección para completar una etapa.

La segunda zona muestra una animación, mediante un muñeco guía, que ayudará al cuadro de instrucciones a conseguir que el usuario reciba el feedback necesario para completar el ejercicio. La animación mostrada corresponde con la siguiente acción que el usuario debe realizar, la cual estará escrita en el cuadro de instrucciones. En la figura se mostrará un muñeco moviendo hacia atrás los pies cada pocos segundos, con el fin de que el usuario lo imite.

El resto de la interfaz sería la zona principal y es la que contiene la señal de video que provee el dispositivo Kinect. Esta señal contiene al paciente realizando el ejercicio con contenido añadido. Es esencial mostrar esta información al paciente que está realizando el ejercicio porque de esta manera podrá comprobar sus errores y solucionarlos para completar el ejercicio. Esta zona la podemos dividir en diferentes partes de acuerdo a la información que muestra de la realización del ejercicio. En primer lugar, contiene algunas animaciones aplicadas en el contenido del video para hacer indicaciones de corrección y también, para felicitar al paciente cuando haya completado un paso o realizado completamente el ejercicio. Las animaciones de corrección están principalmente destinadas a indicar que partes del cuerpo están mal posicionadas, indicando mediante una superficie semitransparente roja las articulaciones que están mal colocadas permitiendo al paciente reconocer rápidamente en que zonas está fallando. En la Figura 1-6, se muestra un ejemplo en el que el paciente no tiene bien posicionados los pies. Además, se incluye otra indicación de corrección como es la balanza situada en la parte superior. Este elemento representa la posición de la espalda del usuario con respecto al eje X. Si el usuario tuerce su espalda hacia la derecha, la balanza se desequilibrará hacia el lado derecho y cambiará de color, indicando al usuario que debe corregir la postura de su espalda, funcionando de igual manera para el lado izquierdo. Si la desviación hacia uno de los lados es pequeña, la balanza simplemente se desequilibrará un poco, lo suficiente para que el usuario perciba que su postura no es exactamente correcta, sin llegar a cambiar de color. Este elemento es muy importante ya que la posición de la espalda es primordial en todos los pasos del ejercicio, debiendo estar recta en todo momento. Las indicaciones tienen color rojo cuando se produce un error para seguir el símbolo general de asociar el rojo con algo incorrecto. En esta misma zona, un mensaje de felicitación es mostrado cuando algún paso ha sido completado. Por último, la zona de señal de Kinect es completada con dos conjuntos de círculos. Uno de ellos, localizado en la parte izquierda de la pantalla, representa el número de repeticiones que se han completado mediante una serie de elipses que cambiarán de color con una animación, a medida que el usuario realice las

repeticiones. El otro panel, que está localizado en la parte baja de la interfaz, indica el progreso del ejercicio. Esta zona es la encargada de informar al usuario sobre el paso en que se encuentra, diferenciando entre los cinco distintos que componen el ejercicio. Al igual que con las repeticiones, cada vez que se complete uno de los pasos, el programa mostrará una animación rellenando las elipses. Cada elipse es diferente de la anterior, conteniendo en su interior la imagen característica de cada uno de los pasos.



Figura 2. Interfaz de usuario de un ejercicio completado.

Por último, cuando un paciente termine una repetición del ejercicio, el sistema mostrará un cuadro (ver Figura 2-7) en el que se reflejarán los errores que ha cometido el usuario mientras se estaba levantando y remarcará aquellos que ha repetido en varias ocasiones.

3.5 Sistema de Sonido

El sistema posee una serie de funciones encargadas de proporcionar feedback al usuario mediante el uso de sonidos y voces. Para ello, el usuario debe habilitar esta opción en la ventana de configuración, descrito en el apartado 3.6.

Los pacientes que asisten a rehabilitación para los casos que afectan a este programa se encuentran en una franja de edad muy amplia, pudiendo ir desde niños hasta personas de la tercera edad. El porcentaje de personas con problemas visuales aumenta con la edad, llegando a ser del 30% entre las personas de entre 15 y 44 años, y ampliándose a prácticamente el 100% en las personas mayores de 45 años. Debido a esto, para crear el programa se ha tenido en cuenta que muchas personas que lo utilicen tendrán algún tipo de deficiencia visual, por lo que el uso de sonidos y un sistema para dictar las instrucciones se hace prácticamente imprescindible.

Para conseguir que el usuario comprenda que ha cometido un error, cada vez que el sistema encuentre una postura incorrecta por parte del usuario hará sonar un ligero sonido de error, pudiendo habilitar en la ventana de configuración la opción de que el error sea notificado mediante un mensaje de voz. De forma que se pueda evitar que este sonido se escuche constantemente mientras el usuario está mal colocado se utiliza una función que analiza el origen del error. Si el origen es el mismo que el último sonido reproducido (por ejemplo, la espalda se ladea hacia la derecha), el programa no volverá a reproducir este sonido de error hasta que el usuario no cometa otro error con diferente origen.

A su vez, también se escuchan sonidos cada vez que el usuario completa una repetición bien o completa cada uno de los pasos. Esto proporciona un feedback positivo al usuario para conocer

cuando ha realizado una parte correctamente, sin necesidad de fijarse en las animaciones.

El sistema de voz ayuda al usuario mediante el dictado de la frase que aparece en el cuadro de instrucciones. Este sistema, al igual que con las sonidos, comprobará cual es la frase que debe leer, y en el caso de ser idéntica a la anterior, esperará un margen de 5 segundos para volver a leerla. De esta forma, se evita que el programa lea constantemente la misma frase cada vez que la función sea llamada. Si el usuario realiza la instrucción actual sin haberse llegado a terminar la reproducción de la frase, esta se cortará inmediatamente y se comenzará la reproducción de la siguiente instrucción. Este sistema, junto con el refuerzo visual del cuadro de instrucciones y el cuadro de animaciones, guiará al usuario durante la realización del ejercicio, resolviendo las posibles dudas que pueda tener el paciente en cuanto al movimiento que está realizando incorrectamente o el siguiente que debe realizar.

3.6 Configuración del Ejercicio

El sistema ofrece la posibilidad tanto al usuario como al rehabilitador de modificar algunas de las opciones para configurar de una forma personalizada el ejercicio. El sistema ofrece tres posibilidades distintas para configurar el ejercicio.

La primera de ellas es la opción de incluir el sonido durante el ejercicio como se ha comentado en el apartado anterior. Esta opción estará disponible tanto para el paciente como para el rehabilitador.

La siguiente opción es establecer el modo de corrección del ejercicio: modo permisivo o modo restrictivo. Se proporcionará una descripción de cada uno de estos métodos para facilitar la elección del modo. Esta opción únicamente estará disponible para el rehabilitador.

Por último, el sistema permite modificar la dificultad del ejercicio y habilitar/deshabilitar partes del cuerpo. Este sistema está creado para permitir a todo tipo de pacientes realizar este ejercicio. Por ejemplo, un paciente al que le falte un brazo no podría realizar satisfactoriamente el ejercicio, ya que siempre fallarían las comprobaciones que se realizaran sobre el brazo en cuestión. De la misma forma, se pueden encontrar pacientes que tengan un movimiento limitado en algún miembro (ya sea el tronco, los brazos o las piernas), o que simplemente les cueste más pasar alguna de las comprobaciones del ejercicio. Para ello, con este sistema se puede rebajar el umbral de dificultad de cualquiera de las comprobaciones del ejercicio, modificando los miembros del cuerpo implicados en dicho paso.

4. EVALUACIÓN

En este apartado se expondrán las pruebas realizadas a una serie de usuarios en diferentes fases del desarrollo del sistema. Las primeras pruebas se realizan sobre cinco usuarios que no tienen experiencia previa con el proyecto, y estarán centradas en encontrar problemas con la usabilidad y la funcionalidad de la aplicación. Las segundas pruebas se realizan sobre dos rehabilitadores colaboradores en el sistema, y se basarán en determinar el grado de utilidad de la aplicación y en corregir posibles errores en el diseño de los ejercicios. Se mostrará el feedback recogido de ambos ejercicios y se expondrán los cambios a realizar. Finalmente se detallarán las conclusiones a las que se ha llegado con la realización de ambas pruebas, resaltando los puntos más importantes de ambas evaluaciones.

4.1 Primera Evaluación

El conjunto de pruebas se realizó sobre cinco usuarios con diferentes rangos de edad, dos adolescentes, con un alto grado de inmersión en las nuevas tecnologías, una persona adulta, con un

conocimiento medio de las nuevas tecnologías y dos personas de la tercera edad, que apenas han tenido contacto con las nuevas tecnologías. Ninguna de estas personas tenía experiencia previa en el uso de la aplicación.

El número de usuarios utilizado para la prueba (cinco) es suficiente para encontrar el 85% de los problemas/fallos, según Jakob Nielsen [6], experto en usabilidad.

El entorno donde se desarrolló la prueba fue una habitación de 7x4 metros de tamaño con una pantalla de 24" como dispositivo de visualización. Se dispuso el dispositivo Kinect justo debajo de la pantalla, a un metro de altura.

Para comprobar cómo de intuitivos eran los elementos de la interfaz y el funcionamiento del programa, no se les explicó a los usuarios como debían hacer los ejercicios, simplemente se les comentó la finalidad del ejercicio y se analizó el tiempo y los problemas que encontraban para poder terminar una repetición. Si un usuario se quedaba atascado en alguna parte, se le daba un poco de ayuda por parte de los autores, indicándoles qué debían hacer a continuación. Al acabar la primera repetición, se les pedía que identificaran cada elemento que aparecía en la interfaz y que explicaran cuál era la función que ellos creían que tenía. Después de recoger esta información se les explicaba el funcionamiento del ejercicio y el de los diferentes elementos de la interfaz. Una vez conocido el ejercicio, se les pedía que volvieran a realizar cuatro repeticiones más, ayudándoles en caso de encontrar alguna dificultad en alguno de los pasos.

Se realizaron una serie de cambios en función al feedback recogido en esta evaluación, siendo los más importantes:

- Modificación del color de la balanza, para que sólo se resaltara en rojo la mitad errónea de ésta, ya que para los usuarios resultaba más intuitivo de esta manera.
- Reescribir la mayoría de órdenes del cuadro de instrucciones, para que resulten más sencillas de entender por parte del paciente.
- Diseñar el sistema de sonido y voz, para que apoye la realización del ejercicio a los pacientes que no tengan una buena vista.
- Hacer más grande y claro el muñeco guía, diseñando un nuevo sistema para mostrarlo de forma que sea más intuitivo.
- Modificar el tono del corrector de huesos, para que sea semitransparente y no interfiera en el ejercicio.
- Modificar el contenido del panel de pasos, para que el usuario tuviera mayor feedback a la hora de saber en qué paso está.

4.2 Segunda Evaluación

Estas pruebas de evaluación se realizaron sobre dos usuarios, en este caso los dos expertos asociados al proyecto: un fisioterapeuta y un terapeuta ocupacional. La finalidad de estas pruebas sería ver la verdadera utilidad del programa, ya que los dos terapeutas conocen los patrones de comportamiento de los pacientes y sus limitaciones, pudiendo imitarlos en la realización de los ejercicios para comprobar que el programa se adapta a las necesidades requeridas.

El objetivo de las pruebas se centró en comprobar el correcto funcionamiento del sistema, dando menos importancia a la interfaz. Para ello, ambos terapeutas se encargaron de realizar el ejercicio imitando el comportamiento de sus pacientes, por ejemplo, realizando todo un ejercicio con un brazo caído. También

comprobaron la similitud de cada paso del ejercicio programado con los pasos del ejercicio real, verificando que no existiera ningún error en las diferentes comprobaciones.

Realizando la evaluación, los terapeutas se dieron cuenta de que el ejercicio no aceptaba la posibilidad de que un paciente tuviera una discapacidad en alguno de sus miembros. Si dejaban el brazo muerto, el ejercicio fallaba en las primeras comprobaciones y era totalmente imposible finalizar la repetición, dejando atascado al usuario en uno de los pasos. Por ello, se propuso diseñar un sistema en el cual ellos mismos, los terapeutas, pudieran elegir que partes del cuerpo comprobar en cada paso y qué grado de libertad tendrían las mismas, lo que ha solucionado el problema de las discapacidades o limitaciones de los posibles usuarios.

También se discutió la posibilidad de eliminar de alguna forma la imagen del usuario para que no pudiera verse a sí mismo, debido a los problemas que tenía uno de sus pacientes, el cual no podía verse reflejado en ningún lado. También consideraron la posibilidad de mostrar en la pantalla más información al usuario. Esta información estaría relacionada con los fallos cometidos por el usuario a lo largo de todo el ejercicio, ya que consideran que el cuadro de errores no es suficiente. El problema reside en que una saturación de información al usuario podría hacer que no quisiera utilizar la aplicación. Al final se concluyó que la información presentada era suficiente para el usuario, dando la posibilidad de crear un sistema que almacenara las estadísticas y fallos del paciente durante el ejercicio.

4.3 Conclusiones de evaluación

Mediante la realización de la primera evaluación, se consiguió mejorar el proyecto en cuanto a la simplicidad y claridad de la interfaz, permitiendo así que los nuevos usuarios que usen el proyecto lo encuentren más intuitivo. Además, se consiguió distinguir claramente los problemas que se encontraban en cada franja de edad, para luego poder analizarlos y corregirlos correctamente. Los usuarios de la primera prueba encontraron el sistema fácil de usar y en términos generales agradable a la vista. Gracias a las sugerencias dadas para mejorar el sistema se consiguió que la mayor parte de los problemas encontrados se solucionaran.

En cuanto a la evaluación heurística, según las conversaciones mantenidas con los terapeutas se concluyó que el programa tendría un alto grado de aceptación dentro del sector, ya que sería útil para la mayoría de pacientes que se encuentran en rehabilitación con dichos ejercicios (se estipuló que el 90% de los pacientes podrían realizarlo). Sus conclusiones generales son que el sistema puede ser un elemento muy útil a la hora de realizar su trabajo en el centro, ya que permite que los pacientes realicen los ejercicios de forma correcta y con información necesaria si comenten algún fallo y así ellos pueden dedicarle el tiempo apropiado a otros pacientes, los cuales quizás no lo habían tenido.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo, los autores presentan un sistema que apoya a los pacientes con problemas neurodegenerativos y trastornos cerebrales cuando realizan una de las actividades más comunes, la cual consiste en levantarse de una silla. Por lo tanto, se ha creado un sistema capaz de reproducir uno de los ejercicios más utilizados para la rehabilitación de enfermedades que afectan al sistema nervioso. Dicho ejercicio se ha creado a imagen y semejanza del ejercicio real, incluyendo elementos adicionales para permitir la realización de forma individual de dichos ejercicios sin la necesidad de la presencia de un terapeuta. Además de los ejercicios implementados, también se ha creado un sistema que permite

personalizar completamente la ejecución del ejercicio, para adaptarse a todo tipo de pacientes.

Los pacientes, tras un entrenamiento mínimo a criterio de los expertos, pueden estar solos cuando están interactuando con el sistema. De esta manera, el sistema ofrece beneficios desde dos puntos de vista: los fisioterapeutas y sus pacientes. Los rehabilitadores disponen de una herramienta mediante la cual pueden ayudar a los pacientes sin la necesidad de estar continuamente presente durante la realización del ejercicio. Por lo tanto, ellos disponen de más tiempo para realizar sus tareas de una mejor manera. Por su parte, los pacientes pueden realizar los ejercicios desde casa o desde el propio centro sanitario, lo que facilita que la rehabilitación no sea un problema ni de tiempo ni de espacio al tener la posibilidad de no tener que desplazarse diariamente al centro de rehabilitación y poder realizar los ejercicios en el momento del día que más le convenga.

El sistema sirve como un asistente que guía a los pacientes durante el proceso de rehabilitación. En particular, el proceso está compuesto por un conjunto de cinco estados divididos en tres etapas. La primera etapa es estar sentado en la silla y tiene dos condiciones: tener las piernas formando un ángulo de noventa grados y tener la espalda recta. La segunda etapa consiste en levantar el cuerpo echando la espalda hacia delante y estirando los brazos que deberían estar unidos. Finalmente, el paciente debe levantarse de forma autónoma.

El sistema intenta ofrecer suficientes indicaciones para ayudar a completar la realización del ejercicio correctamente. Para tal fin, el sistema analiza de forma continua las posturas y movimientos del usuario. Las indicaciones y señales son realizadas a partir de los resultados del análisis. En este sentido, la interfaz se convierte en un elemento esencial del sistema en la que los elementos tienen que ser lo suficientemente claros para actuar como guía. La interfaz contiene indicaciones textuales, la señal de vídeo actual, ejemplos de cómo los diferentes pasos tienen que ser realizados, y finalmente, animaciones de correcciones de posturas y movimientos. Adicionalmente, la interfaz ofrece animaciones para felicitar por la correcta realización de las diferentes etapas para animar a los usuarios.

Kinect es el dispositivo que ofrece la interacción en el sistema. EL dispositivo permite a los pacientes interactuar con el sistema de una forma natural e intuitiva a través de movimientos y posturas. En este artículo se muestra como Kinect puede ser aplicado en un entorno sanitario para resolver un problema específico.

El sistema propuesto presenta un interesante trabajo futuro. En primer lugar, los autores están trabajando en la mejora de la interfaz de usuario con el fin de facilitar una interacción y un diálogo entre el sistema y el paciente lo más naturales posible.

En cuanto a las conclusiones obtenidas tras la evaluación del sistema (ver apartado 4.3), se propone la creación de un modo que permita al usuario verse representado por un avatar en un entorno virtual. Este modo sería perfecto para los casos en que los pacientes no quieran verse reflejados en el ejercicio. Pese a ser una minoría estos casos se dan en los centros de rehabilitación actuales, personas que no son capaces de verse reflejadas en los espejos o que prefieren no hacerlo. A este trastorno se le llama eisoptrofobia. Además, existe la posibilidad de crear un sistema que almacene las estadísticas y fallos del paciente durante el ejercicio para que el fisioterapeuta pueda controlar de una manera más completa la rehabilitación de sus pacientes.

Por último, están siendo considerados más ejercicios para que formen parte del sistema. El sistema descrito está compuesto por

un único ejercicio asociado con trastornos cerebrales específicos. El objetivo es ofrecer soluciones para un gran número de problemas permitiendo la realización de un amplio conjunto de ejercicios.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TIN2011-27767-C02-01 del Ministerio de Economía y Competitividad y por el proyecto TSI-100101-2013-147 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

7. REFERENCIAS

- [1] Fikar, P., Schoenauer, C., and Kaufmann, H. 2013. The Sorcerer's Apprentice: a serious game aiding rehabilitation in the context of subacromial impingement syndrome. In *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '13)*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 327-330. DOI=
<http://dx.doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2013.252224>
- [2] Garrido, J.E., Marset, I., Penichet, V.M., Lozano, M.D., Fernández, J.A. 2013. Automatic Detection of Falls and Fainting. *Journal of Universal Computer Science*, vol. 19, no. 8, 1105-1112, DOI: 10.3217/jucs-019-07
- [3] Garrido, J.E., Marset, I., Penichet, V.M., Lozano, M.D. 2013. Balance disorder rehabilitation through movement interaction. In *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '13)*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 319-322. DOI=
<http://dx.doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2013.252368>
- [4] Lange, B., Koenig, S., McConnell, E., Chien-Yen Chang, Juang, R., Suma, E., Bolas, M., and Rizzo, A. 2012. Interactive game-based rehabilitation using the Microsoft Kinect. In *Proceedings of the 2012 IEEE Virtual Reality (VR '12)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 171-172. DOI=
<http://dx.doi.org/10.1109/VR.2012.6180935>
- [5] Lozano-Quilis, J. A., Gil-Gómez, H., Gil-Gómez, J. A., Albiol-Pérez, S., Palacios, G., Fardoum, Habib M., and Mashat, Abdulfattah S. 2013. Virtual reality system for multiple sclerosis rehabilitation using KINECT. In *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '13)*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 366-369. DOI=
<http://dx.doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2013.252208>
- [6] Nielsen, Jakob. Why you only need to test with 5 users. <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- [7] Sugarman H, Weisel-Eichler A, Burstin A, Brown R. Use of novel virtual reality system for the assessment and treatment of unilateral spatial neglect: a feasibility study. *Proceedings of the 2011 International Conference on Virtual Rehabilitation*; 2011 Jun 27-29; Zurich, Switzerland. New York: IEEE; 2011. doi: 10.1109/ICVR.2011.5971859
- [8] Virtualware Group. 2013. Virtual Rehab. <http://virtualrehab.info/product/>
[Consulta: 10-04-2014]
- [9] Westhealth Institute. Reflexion Rehabilitation Measure Tool. <http://www.westhealth.org/institute/our-priorities/reflexion>
[Consulta: 06-04-2014]

Diseño de la Interacción

Bocetado para el diseño de interacciones enactivas

Andrés Rodríguez
LIFIA
Facultad de Informática
Universidad Nacional La Plata,
Argentina
arodrig@lifa.info.unlp.edu.ar

Pascual González López
LoUISE
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete
Universidad de Castilla-La Mancha
pascual.gonzalez@uclm.es

Gustavo Rossi
CONICET, LIFIA
Facultad de Informática
Universidad Nacional La Plata,
Argentina
gustavo@lifa.info.unlp.edu.ar

ABSTRACT

A conceptual framework for addressing the sketching of enactive interactions is presented. The importance of sketching for designing interactions and basic concepts on enactive interfaces are reviewed. A framework is proposed, organized as a two dimensional map: the interactivity embodied by the representations and their expressiveness in terms of user experience. The framework includes paper sketches as well as mockups and sketches in hardware, linked by interactivity attributes. A case study applying the framework is presented and emerging requirements for tools supporting the sketching of this kind of interfaces are outlined

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. [Information Interfaces and presentation]: User interfaces – *prototyping*.

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Sketching, enactive interfaces, design

1. INTRODUCCION

Dentro del conjunto de prácticas de externalización de ideas o representación de productos intermedios que caracteriza a todas las disciplinas de diseño, el “bocetado” es la actividad que consiste en la producción de representaciones gráficas, generalmente a mano alzada, realizadas con rapidez y mínimos detalles y que produce unos gráficos que los propios diseñadores suelen llamar “dibujos para pensar”[6]. Estos productos son tan idiosincráticos y ambiguos que a menudo sólo son comprensibles por su autor. Esta práctica es habitual en las primeras etapas del proceso de todas las disciplinas de diseño [12, 16].

El campo de HCI se enfrenta desde hace un tiempo a la necesidad de resolver la interacción del usuario con una miríada de dispositivos que se extienden más allá de los escritorios y de tecnologías con capacidades tan variadas como detectar gestos y posicionamientos, interpretar expresiones faciales, comunicarse

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
Interacción2014, September10-12, 2014, Tenerife, Spain.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

utilizando diferentes modalidades de manera simultánea, etc. Estos ámbitos de diseño abren nuevos desafíos a la hora de disponer de procesos, métodos y herramientas para alcanzar experiencias de uso adecuadas.

En este trabajo presentamos un marco conceptual para abordar el bocetado de interacciones enactivas, que aumentan, extienden o sustituyen formas de percepción sensorial[5]. Indicamos la necesidad de incluir tanto las formas habituales de bocetado y maquetado como los bocetos en hardware, vinculados entre sí por las características de la experiencia de usuario buscada.

En la primera parte del trabajo repasamos la importancia del bocetado en el diseño de interacciones y los conceptos básicos de las interacciones enactivas. Luego, presentamos un marco para caracterizar el bocetado de estas interacciones organizado en un cruce de dos dimensiones: la interactividad corporizada por las representaciones y el análisis de la experiencia de usuario buscada. Finalmente, se presenta un caso de estudio que permite ver cómo aplicar el marco definido. Dentro de este caso se presenta una pequeña herramienta para el bocetado en hardware de este tipo de interacciones. Tras esto se presenta un análisis de la propuesta ofreciendo una discusión de los requerimientos para nuevas herramientas que surgen a partir de algunos ejercicios exploratorios.

2. BOCETADO Y DISEÑO DE INTERACCIONES

Una forma clásica de modelar el pensamiento de diseño es organizarlo en “movimientos” y “argumentaciones”. Un movimiento es una proposición de diseño. Una argumentación es un razonamiento sobre un movimiento[16]. El bocetado juega un rol importante en ambos pasos, como han mostrado los trabajos de Goldschmidt[6] y Tversky[25], entre otros. Cuando el diseñador argumenta prestando atención a las propiedades figurativas del boceto, lo lee, mientras que usa el boceto para crear propiedades no figurativas o visuales en el diseño (probablemente incorporando conocimientos previos). Es decir que el boceto no es sólo una externalización de ideas o imágenes contenidas en las mente del diseñador, también es un vehículo para alcanzar nuevas ideas o vincular algún conocimiento previo con alguna propiedad visual específica. Purcell y Gero[24] han caracterizado ese rol de la siguiente manera:

- Los bocetos son muy importantes para reinterpretar y favorecer la emergencia y la naturaleza oportunista del diseño
- Las propiedades del boceto que permiten hacer este cambio de foco son su densidad, ambigüedad y falta de estructura, sobre todo en las etapas más tempranas del proceso.

- La reinterpretación de un boceto incorpora nuevo conocimiento al proceso de diseño, ya sea conceptual o perceptual.
- Esa reinterpretación y el análisis del nuevo conocimiento incorporado por ésta, genera más reinterpretaciones y acceso a nuevo conocimiento, estableciendo un proceso cíclico. Esta dialéctica contribuye a disminuir progresivamente la “mala definición” del problema de diseño y permite converger el proceso hacia una solución bien especificada.
- La experiencia juega un rol en el bocetado. Los expertos acceden a mayor y mejor conocimiento a través del boceto

2.1 La anatomía de los bocetos

Suele presentarse a los prototipos como medios para atravesar el espacio de soluciones de diseño y con los que se pueden explorar todas las alternativas y sus racionales. En este contexto, un boceto es presentado como un prototipo “de baja fidelidad”, como una subclase de prototipos (ver por ejemplo [12, 20]).

Como ha mostrado Buxton[3], las diferencias entre lo que puede considerarse la actividad de bocetado y la de prototipado tienen que ver con el propósito o intención del diseñador, más que con los atributos de la representación realizada o la manera de producirla. Un aspecto fundamental de los bocetos es que se hacen para aprender, para comprender una situación, los límites de un espacio de diseño, las posibilidades de escenarios de uso. Ello demanda que los bocetos sean rápidos y fáciles de hacer, formen parte de series y resulten fáciles de anotar, revisar, volver a anotar, descartar, etc. En el trabajo citado, Buxton plantea una anatomía de los bocetos centrada en esas características de los productos obtenidos (rápidos, baratos, ambiguos, etc.).

Lim, Stolterman y Tenenberg[20] extienden esa caracterización para el prototipado en general como una actividad realizada con el propósito de crear una manifestación que, en su forma más simple, filtra las cualidades en las que está interesado el diseñador sin distorsionar el entendimiento del conjunto.

En consecuencia, los bocetos tienen dos dimensiones importantes a considerar: las que corresponden a su aspecto de manifestación de una idea y las relacionadas con las cualidades que intentan filtrar. Tres son los aspectos que un boceto/prototipo puede **manifestar**: el material (el medio para dar forma al prototipo), la resolución (que corresponde a la fidelidad en otras clasificaciones) y el alcance (cuánto se manifiesta de la idea de diseño). Como dimensiones de **filtrado** se identifican la apariencia (tamaño, color, forma, peso, etc.), los datos (tipo de datos, jerarquías, etc.), la funcionalidad (del sistema, necesidad del usuario), la interactividad (comportamiento de ingreso o de salida, feedback, información, etc.) y la estructura espacial (arreglo de elementos de interfaz, relación entre elementos de interfaz y de información, etc.).

2.2 El bocetado en el diseño de interacciones

El diseño de interacciones comprende el proceso que se organiza (dentro de las restricciones de recursos disponibles) para crear, dar forma y decidir todas las cualidades de un artefacto digital orientadas al uso (estructurales, funcionales, éticas y estéticas). Al igual que en otras disciplinas de diseño, el diseñador de interacciones necesita externalizar su pensamiento mediante representaciones: bocetos, gráficos, modelos, maquetas, etc. Esos bocetos suelen no seguir ningún plan determinado, simplemente pueden ser una forma de crear algún material de trabajo.

Bocetar la interacción implica en gran medida generar representaciones de la experiencia de usuario que se busca conseguir. Esa experiencia es un fenómeno complejo, dinámico y subjetivo que involucra lo emocional y afectivo, lo experiencial y excede lo instrumental [9]. Aún la experiencia de uso de artefactos simples se produce en relación con otras personas, objetos o lugares y puede variar para la misma persona a lo largo del tiempo de acuerdo con esos factores de contexto.

Los diseñadores de productos tridimensionales no sólo bocetan con lápiz y papel, utilizan todo tipo de materiales para presentar rápidamente alguna idea, evaluarla y refinarla o descartarla (a menudo los diseñadores industriales hablan de “maquetas de estudio” para referirse a esta actividad y productos)[3].

En consecuencia, la actividad para el diseño de interacciones “post WIMP¹” equivalente al bocetado tradicional incluye una combinación de una manera especial de prototipado de baja fidelidad, maquetado y el bocetado en hardware (en [13], por ejemplo). De manera análoga a la producción de bocetos en papel o en software para explorar la dinámica de una interacción propuesta, en el diseño de experiencias que involucran dispositivos de hardware es necesario disponer de herramientas que permitan construir una maqueta física y aumentarla con comportamiento interactivo.

El bocetado en hardware implica actividades y actitud de bocetar con componentes tecnológicos en una forma exploratoria y abierta. La clave una vez más es el aspecto de bocetado ya que de manera intencional el objetivo del trabajo no es una solución perfecta, sino un proceso de descubrimiento y aprendizaje que lleve a un proyecto que deberá evolucionar.

Como sostiene Hornecker[12] de la misma forma que los dibujos facilitan el diálogo del diseñador con la situación de diseño, los “prototipos improvisados” (cualquier objeto a mano, empleado de manera oportunista y espontánea para ayudar a explicar o testear una idea) son “conductos para una conversación de diseño, no accesorios”. Suelen tener vida corta y su propósito es facilitar la creación y análisis de ideas. Los prototipos corporizados, en cambio, ya tienen algo de la estructura final del producto y en alguna medida, resuelven la ambigüedad original.

Otro aspecto importante del modelado físico es que ayuda a activar el conocimiento espacial y kinestésico y se transforman en representaciones enactivas. Estos objetos ayudan en los procesos de diseño participativo y facilitan la comunicación con el usuario.

Sin embargo, los modelos físicos restringen el espacio de acciones de una manera más estricta que lo hace el bocetado en papel. Plantean restricciones específicas debido a las *affordances* físicas y también por las *affordances* percibidas. Por ejemplo, un bloque puede ser colocado sólo en una conexión disponible y es necesario decidir en cuál y cómo (no se puede “sugerir” una relación como se puede hacer en el boceto en papel). Al no permitir la ambigüedad posicional, el boceto en hardware hace difícil representar diferentes alternativas en paralelo y no permite mantener en el modelo elementos “desactualizados” (un boceto puede sobrescribirse varias veces y todas esas reinterpretaciones se acumulan como capas arqueológicas del proceso de gestación). Es necesario encontrar alguna forma de transferir las propiedades de interacción indicadas en cada tipo de externalización hacia otros.

¹ WIMP: interfaces de usuario con ventanas, íconos, menús y punteros (Window, Icon, Menu, Pointer),

Kirsh[14] ha mostrado la importancia de mantener el flujo de pensamiento sobre la precisión en la representación y externalización de las ideas. Aún los gestos aéreos, tan expresivos como efímeros resultan productivos a la hora de evaluar una alternativa de diseño, especialmente de manera epistémica[14].

3. LAS INTERACCIONES ENACTIVAS

A mitad del siglo pasado, Bruner postuló la existencia de tres formas de representación del conocimiento[2]: simbólico, icónico y enactivo. El primero, caracterizado por una representación del mundo en términos de símbolos que son manipulados por la mente, el segundo, basado en imágenes y el tercero obtenido por interacciones con el entorno que involucran acoplamiento de la percepción y la acción. Recientemente, Verplank [26] ha sostenido que el desarrollo del diseño de interacciones parece mostrar una evolución que pasa por esos tres tipos de conocimiento. La metáfora inicial del diálogo con la computadora requirió del uso de conocimiento simbólico, las metáforas posteriores basadas en escritorios y otras herramientas de oficina se fundamentaron en el conocimiento icónico. En la actualidad, el desarrollo presente de interacciones tangibles, gestuales, multimodales, etc. requiere del conocimiento enactivo.

Sin embargo, es el conjunto de teorías relacionadas con la cognición corporizada y la percepción enactiva el que ofrece nuevas formas de pensar la relación entre cuerpo, mente y tecnología y genera una base diferente para el diseño de interacciones[14].

Hasta hace poco el diseño de interacciones ha mantenido el foco en las propiedades de ese conocimiento y la forma de compatibilizarlo con el procesamiento de información “en la mente”, lo que en la literatura se ha llamado “abordaje cognitivista”[5]. Este enfoque implica interponer entre la percepción y la acción un proceso separado de actividad lógica o racional del lado del usuario, como muestra la Figura 1. El usuario es forzado a cambiar el foco de su atención de la salida abstracta del dispositivo y debe razonar sobre lo que ese output significa para el curso de acción, antes que seguir implicado en una interacción “transparente” con el entorno.

El abordaje enactivo considera que el input sensorial percibido y el output motor actuado son dos caras de un mismo proceso de construcción del sentido. Una interfaz enactiva puede definirse “como una interfaz tecnológica diseñada con el propósito de aumentar la construcción de sentido” [5]. Esta búsqueda o creación de sentido es la idea que describe por qué las cosas nos importan y no nos resultan indiferentes. La construcción de sentido comienza por un entendimiento inmediato de la situación (sin mediación del lenguaje) y alcanza en otro momento una interpretación de esa situación (mediada por el lenguaje y la reflexión). Aumentar la construcción de sentido significa expandir el rango de interacciones posibles con el mundo mediante la tecnología. Es dar a la persona oportunidades para crear nuevos modos o modalidades de interacción perceptual.

Una de las características centrales que describen un sistema enactivo consiste en que es corporizado de una manera no trivial, no implica simplemente la construcción física de una interfaz o el uso de elementos tangibles. Involucra una cognición situada (es decir tiene lugar en el contexto de inputs y outputs que son relevantes para la tarea), condicionada temporalmente, que utiliza el entorno, tiene la acción como objetivo y emplea el cuerpo incluso aunque se produzca “offline” [27].

Adaptando las esquematizaciones de Froese[5] podemos partir del modelo “cognitivista” de interacción, como el que muestra la Figura 1 (el usuario responde a los estímulos del dispositivo produciendo unas entradas que mantienen el loop de interacción), y extenderlo para presentar un modelo que tenga en cuenta las características de la enacción que mencionamos en los párrafos anteriores.

Cuando la interfaz exige de parte del usuario alguna comprensión o entendimiento de la tarea en curso, se presenta una demanda cognitiva diferente. En este modelo la etapa de razonamiento todavía interviene entre las de percepción y acción, lo que significa un modelo no corporizado de la interacción. Las interfaces corporizadas presentan resistencia al usuario, pidiendo deliberadamente nuevos modos de pensamiento sobre el dominio de la tarea. Eso lleva a sustituir el conocimiento como corpus estático de hechos conocidos por el más dinámico y fluido de “comprensión”.

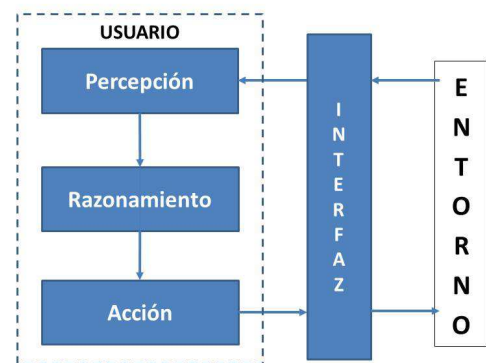


Figura 1. Loop “cognitivista” de interacción, adaptado de [5]

La actividad corporizada que caracteriza a las interacciones enactivas se puede definir como un estado que consiste en mezclar la acción y la consciencia (*awareness*) y de este modo conseguir la completa integración del agente con el contexto en el que se produce la interacción, alcanzando una interacción transparente. Hay una continuidad entre el percibir y el actuar, que se experimenta como flujo.

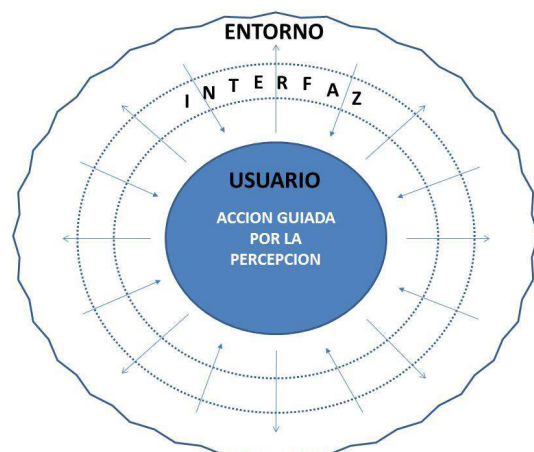


Figura 2. Interacción enactiva, adaptado de [5]

En la Figura 2 colapsan los bordes entre la percepción, el razonamiento y la acción y la continuidad entre percibir y actuar se indica por la etiqueta “acción guiada por la percepción”.

Corresponde con la noción de instrumento “ready-to-hand” propuesta por el filósofo Heidegger[10], la cual indica una relación esencial entre el usuario y la herramienta a través de su uso, por ejemplo solo podemos saber cómo utilizar un martillo para martillar una vez que lo tomamos en las manos y lo usamos, podemos decir que el uso del martillo se hace transparente cuando lo usamos. De este modo, la mezcla de acción y consciencia interrumpe la desconexión entre la persona y el entorno como factor de la experiencia. En este modelo de interacción no existe un foco explícito en los mecanismos conscientes, el aspecto que distingue al modo “ready-to-hand” es que es un modo de comportamiento inconsciente e irreflexivo. Como hemos dicho, la interfaz es una herramienta transparente que media la actividad dirigida por metas y la interacción senso-motriz del usuario.

Por tanto, la propuesta enactiva aporta un nuevo modo de experimentar e interactuar con el mundo donde la tecnología en sí misma o la herramienta utilizada, no es el foco principal de esa experiencia, facilitando que la interfaz se haga transparente [5].

4. UN MARCO PARA CARACTERIZAR EL BOCETADO DE INTERACCIONES ENACTIVAS

Presentamos a continuación un marco de trabajo conceptual para caracterizar el bocetado de interacciones enactivas con el objetivo de establecer algunas bases para proponer y construir herramientas que soporten ese proceso.

Hemos visto que la literatura cita diversas formas de representación utilizadas en el proceso creativo de interacciones y que pueden ser asociadas al concepto de bocetado. Obviamente, los dibujos y bosquejos analizados por Purcell y Gero[24], pero también otras formas corporizadas como las maquetas funcionales y los prototipos ad-hoc[12], los bocetos en hardware[21] o la actuación de una experiencia de uso, señalada en la literatura como bocetos o prototipos de experiencia de usuario[3].

Durante el proceso de creación se produce un flujo entre esas diferentes formas de representación. Se grafica una idea en papel, quizá se anotan ideas sobre la interacción buscada o se extiende el boceto al formato storyboard, se prueban algunas maquetas “on the fly” con objetos a mano o se programa rápidamente una simulación de la interacción buscada o una parte de ella, se revisa el resultado en cada una de ellas y se corrige[3].

Cuando la corporización es central en la experiencia buscada, como es el caso de las interacciones enactivas, la comprensión de la interacción requiere que el diseñador combine la simulación en su mente con simulaciones en el mundo, como ha mostrado Kirsh[14]. Las simulaciones “en su mente” son las que se producen con ayuda de externalizaciones tradicionales como los bocetos, storyboards, etc., en cambio las manipulaciones de objetos tridimensionales y aún de su propio cuerpo, le permiten descubrir y comprender aspectos de la situación que de otra manera permanecerían completamente ocultos. Para contemplar estas necesidades el modelo debe incluir diversos tipos de representaciones y las actividades que conducen a su obtención como vistas de una idea de interacción que el diseñador pone a consideración (para sí o para otros) en el proceso creativo.

El hilo conductor que permite establecer conexión entre los diferentes niveles o vistas de una misma idea es la expresión de la interactividad, uno de los atributos a considerar en la dimensión de filtrado de la anatomía de prototipos [20].

Entonces, las representaciones pueden organizarse atendiendo a dos dimensiones. La primera se definirá como un continuo de información creciente respecto de la interactividad buscada, desde los bocetos en papel o cualquier otra superficie 2D hasta objetos con capacidades que corporizan la interactividad buscada. Podemos disponer tres niveles de producción de bocetos:

- La producción de bocetos 2D del tipo mano alzada. Es el boceto por antonomasia, que reúne todas las características que se esperan de este tipo de productos: rapidez, economía de recursos, múltiples interpretaciones, ambigüedad.
- La producción de maquetas de estudio. Incorpora el conocimiento y configurabilidad del espacio, aunque pierde posibilidades de ambigüedad.
- El bocetado en hardware. Agrega a la maqueta de estudio o el prototipo 3d ad-hoc los componentes de sentido y actuación que le otorgan mayor autonomía de interacción con el usuario y aumentan la expresión y corporización de la interactividad que se analiza.

Cada una de estas actividades puede considerarse a su vez como una capa o nivel que agrega información al proceso de bocetado, refinando y concretizando la definición de interactividad buscada. Sin embargo, aunque las capas inferiores brindan mayor nivel de abstracción y ambigüedad, el diseñador puede elegir comenzar realizando una maqueta o un boceto en hardware, para luego explorar sus ideas en el papel y retornar más tarde a los bocetos tridimensionales. Es necesario por lo tanto permitirle comenzar en cualquiera de las capas y proveer mecanismos de traza que permitan relacionar la información entre los distintos niveles cuando se trate de diferentes vistas de una misma idea.

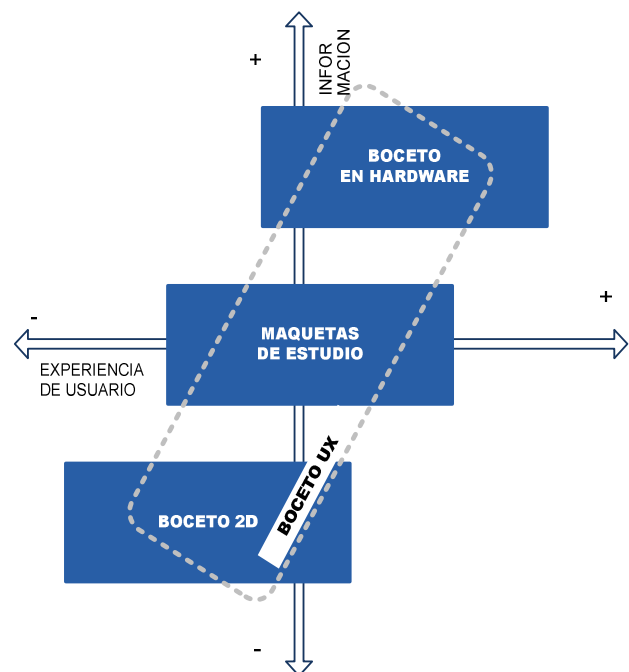


Figura 3. Modelo para soportar bocetado de interacciones enactivas

Además de esta dimensión de información, que podemos asociar con la expresión corporizada de interactividad, existe otra dimensión que podemos llamar de la experiencia de usuario. En este caso, si pretendemos buscar una solución “transparente”

nuestro objetivo debe ser mejorar la UX² del sistema. En algún momento la exploración de esa experiencia requerirá estudiar sólo una de sus partes y en otros, el conjunto con un nivel mayor de abstracción.

De tal manera que aparece un cuarto tipo de bocetado, el bocetado de experiencias de usuario, como un elemento transversal que cruza las producciones y actividades de las otras tres actividades, tal como se muestra en la Figura 3. La focalización en la experiencia de usuario completa el mapa.

Un boceto de la experiencia de usuario es cualquier clase de representación, en cualquier medio que es diseñada para entender, explorar o comunicar cómo podría ser la utilización del producto que está en diseño de manera que pueda utilizar cualquiera de las otras representaciones con el agregado del contexto relevante para la situación de uso. La representación de cada nivel de bocetado en el gráfico, intenta mostrar las posibilidades de ubicarlo dentro del rango de la posibilidad de expresar la experiencia de usuario.

A medida que se asciende en la dimensión de información, la interactividad buscada adquiere cada vez mayor concreción y corporización. Así, en el bocetado 2D, puede expresarse simplemente con palabras o con una representación de secuencias temporales del tipo storyboard. Sin embargo, en un boceto en hardware habrá que decidir si la experiencia buscada se consigue con una respuesta que se produce de manera inmediata tras la acción del usuario o se difiere en el tiempo, si se produce de manera continua o periódica, etc.

Por otra parte, es necesario asegurar mecanismos que permitan la trazabilidad de las ideas en las diferentes representaciones propuestas. Aquí entra en juego, como mencionamos antes, la interactividad descrita en término de sus atributos. Lim Y.K. et al.[19] definen un lenguaje que permite caracterizar la interactividad en si misma sin pensar en el artefacto que vamos a utilizar para llevarla a cabo. Este lenguaje está compuesto por siete elementos (conurrencia, continuidad, lo esperable, rango de movimiento, velocidad de movimiento, proximidad, velocidad de respuesta) a partir de los cuales poder describir lo que ellos llaman la “forma de la interactividad”.

Lento	Rápido
Discreto	Continuo
Instantáneo	Diferido
Uniforme	Divergente
Constante	Inconstante
Mediado	Directo
Separación espacial	Proximidad espacial
Aproximado	Preciso
Suave	Intenso
Casual	Dirigido
Evidente	Oculto

Tabla 1. Atributos de interactividad Diefenbach et al.[4]

De este modo se parte de una descripción concreta cuando se realiza una exploración de diferentes espacios de diseño, ayudando al diseñador a pensar en la naturaleza de la interacción a la vez que explora diferentes formas de llevarla a cabo. Recientemente Diefenbach et al.[4] amplían la propuesta inicial de Lim Y.K. et al. para crear un lenguaje más rico. Esta última propuesta define once atributos, determinados por sus valores

² UX: User eXperience. Acrónimo en inglés para indicar la Experiencia de Usuario que provee un producto o sistema

extremos (ver tabla 1). En todo caso, consideramos que es útil usar alguna forma de especificar esos atributos en cada uno de los niveles de expresión de interactividad indicados.

En consecuencia es necesario que las herramientas que se propongan dar soporte al proceso de diseño de este tipo de interacciones no sólo combinen las diferentes formas de representación que puedan utilizarse, sino que sean capaces de asegurar la trazabilidad de las características implícitas o emergentes en cada una de ellas hacia otras de distinto nivel de información. Si el diseñador realiza un boceto en el que busca generar una experiencia de uso que pueda caracterizarse como agradable y natural, es necesario que pueda ir refinando esas ideas con los atributos que una interacción de esas características, en representaciones que por su naturaleza son menos ambiguas o desestructuradas. Para ello, el uso de lenguajes o vocabularios de interactividad pueden ofrecer la ayuda necesaria.

Este tipo de vocabularios permite establecer el cómo de la interacción y sus atributos básicos (parámetros físicos, parámetros de movimiento, modalidades involucradas, etc.). Ese “cómo” es la base que permite obtener una determinada experiencia a partir de la interactividad percibida por el usuario. Las herramientas que soporten el bocetado de interacciones enactivas siguiendo este marco conceptual deberían facilitar al diseñador la utilización de vocabularios de este tipo que permitan indicar no sólo las modalidades que desea vincular entre el input del usuario y el output del dispositivo, sino las características que expresan la naturaleza de esa vinculación

5. CASO DE ESTUDIO

Hemos explorado el diseño de herramientas de soporte durante un proceso de diseño para TV interactiva, con la exploración de nuevas ideas para un control remoto de TV que incluya alguna comunicación gestual y algún grado de feedback háptico de parte del sistema para manejar la guía de programas.

Estas actividades se llevaron a cabo en el marco de un grupo de trabajo en LIFIA que desarrolla ideas de software y hardware para el sistema argentino de TV Digital. Se pidió a 5 diseñadores (4 varones y 1 mujer, edad promedio 29 años) que generaran ideas para un control remoto que facilitara una UX en la que el usuario final toma el control remoto para recorrer la grilla de canales y se desplaza por ella con las teclas de flecha izquierda-derecha o simplemente haciendo gestos de movimiento del control hacia derecha o izquierda. En la medida que el sistema sintoniza el siguiente canal, el control produce una vibración para indicar al usuario que ha cambiado de canal. Al llegar a los extremos de la grilla, la vibración se acentúa para generar en el usuario la sensación de que está alcanzando un tope.

Para explorar estas ideas, los diseñadores trabajaron de manera individual, realizando rápidos bocetos en papel con anotaciones textuales e iconográficas para expresar las respuestas por parte del mando para contribuir a generar la experiencia de uso buscada. En base a la propuesta de Diefenbach et al.[4], en estos bocetos se propusieron diferentes atributos de interactividad tales como discreto-continuo, suave-intenso e instantáneo-diferido para describir la interacción y sirvieron como elementos que guiaron el desarrollo posterior del resto de artefactos (ver Figura 4).

Otro paso en el proceso de diseño consistió en la rápida generación de maquetas con objetos ad-hoc (simples cajas de cartón de proporciones adecuadas, con algunas anotaciones e ilustraciones realizadas a mano sobre su superficie). En algún momento del proceso, los diseñadores indicaron la conveniencia

de simular el tipo de respuestas que esperaban con una maqueta que incorporara alguna de la interactividad esperada.

Para ello, introdujimos una pequeña herramienta, Pluma, que describimos más adelante y que permite obtener rápidamente bocetos en hardware con gestos aéreos como input y output en forma de actuación háptica o imágenes visuales.

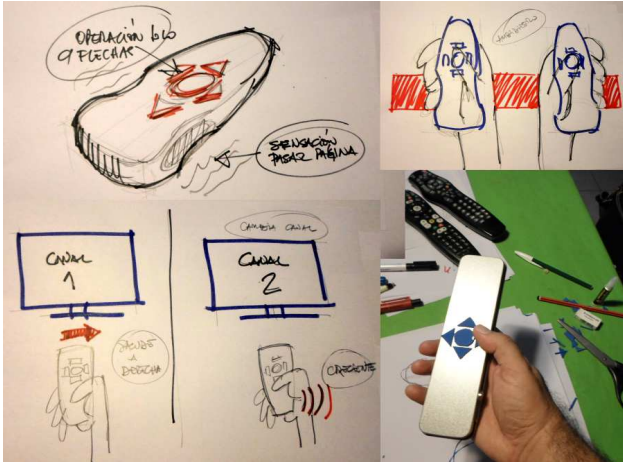


Figura 4. Ejemplos de bocetos, storyboard y maqueta de estudio realizados al comienzo

Tras algunas modificaciones en los bocetos, los diseñadores conectaron un par de botones pulsadores y de motores vibradores con una placa Arduino y los adhirieron a una de las maquetas. Luego utilizaron un carrusel de imágenes como feedback visual para simular el cambio de canal. Utilizando Pluma conectaron todo para explorar la experiencia de interacción. Mediante la ejemplificación crearon dos gestos aéreos a identificar: mover a derecha y mover a izquierda. Los motores conectados a Arduino fueron identificados como actuadores para generar el output del sistema y los pulsadores como input. Finalmente se establecieron las relaciones de pares: un pulsador- una acción de la aplicación de pantalla, un gesto-una acción de la aplicación, una acción de aplicación-un actuador. Para cada relación se establecieron los parámetros de la interactividad deseada (en la versión actual: discreto-continuo, suave-intenso e instantáneo-diferido). En poco tiempo, pudieron construir un boceto con hardware para explorar la interacción imaginada.

5.1 Herramienta para bocetar con hardware

Diferentes tipos de herramientas se han desarrollado para soportar las actividades de bocetado en el diseño de interacciones. Desde las que permiten realizar versiones electrónicas de los bocetos 2D (por ejemplo [1, 15, 23]), hasta las que se han orientado a incluir alguna forma de prototipado en hardware [7, 8, 11]. Nuestra intención es explorar las posibilidades de integrar en este conjunto de herramientas los vocabularios de interacción haciendo foco directamente en el producto que se diseña, no solamente la expresión de su interactividad (como hace Interactivity Sketcher[28], por ejemplo).

Pluma permite describir la interactividad de un boceto en hardware con la identificación de: componentes de entrada, componentes de salida, la relación entre ambos y los atributos de interactividad. El objetivo de la herramienta es reducir el umbral necesario para poder especificar, implementar y probar bocetos de la interactividad esperada. En Pluma, los gestos son especificados y reconocidos utilizando el dispositivo LeapMotion[17], mientras

que una placa Arduino UNO actúa como controlador de actuadores para ejecutar el output o input especificado por el diseñador. Corre en una PC a la que se conectan el LeapMotion y Arduino por USB.

Pluma es una aplicación web programada en JavaScript que incluye tres bibliotecas de componentes utilizables por el diseñador (ver Figura 5). **Una biblioteca de componentes de hardware**, con los drivers para manejar cada componente vía Arduino y los parámetros de actuación o sensado que se pueden asignar durante el diseño. En principio hemos incluido la posibilidad de vincular a Arduino con motores vibradores, servomotores, pulsadores y un minidisplays LCD. La aplicación utiliza el framework Johnny-Five[22] para administrar la comunicación con Arduino mediante el protocolo genérico Firmata. En el nivel del ejercicio, esta comunicación resulta suficiente para enviar y recibir los datos necesarios y evita la modificación del firmware a correr en Arduino, con la consiguiente necesidad de subir una nueva versión cada vez que se produzca algún cambio y mantiene bajo el umbral de acceso. **Una biblioteca de definiciones de gestos aéreos** para emplear como inputs. Utiliza el dispositivo LeapMotion para el reconocimiento de gestos manuales. La plataforma puede ser entrenada fácilmente para el reconocimiento de nuevos gestos manuales utilizando la API JavaScript de LeapMotion y LeapTrainer.js[18] (ver Figura 6, arriba). **Una biblioteca de componentes de feedback visual** a proveer mediante el monitor de la PC y que el diseñador puede extender. Por defecto hemos incorporado algunos componentes como la simulación de un carrusel de slides, el cambio de pantalla, apagado, encendido.

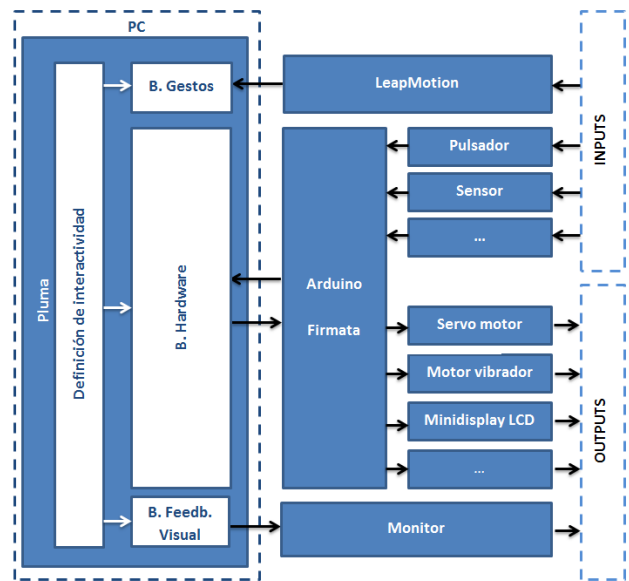


Figura 5. Esquema general de Pluma

Para la **definición de la interactividad**, el diseñador puede vincular los diferentes elementos que se hayan definido para input con los outputs especificados. Esta definición se da en dos pasos: con drag&drop, indica el input y output que desea vincular y luego especifica qué valores tendrán los atributos de interactividad para esa relación. (Ver Figura 6, centro). Como ya comentamos, en esta primera versión de Pluma hemos incorporado parte del vocabulario de interacción propuesto por Diefenbach[4]. De los once rangos de atributos, hemos incluido

en las primeras exploraciones: instantáneo-diferido, suave-intenso, discreto-continuo (ver Figura 6, abajo).

Finalmente, el diseñador puede analizar el comportamiento interactivo de su boceto con un *sandbox* de prueba. Cuando el diseñador prueba el boceto que ha creado, se procesan los inputs y outputs de acuerdo con las características definidas para cada uno y las propiedades de interactividad que les asoció. En poco tiempo el diseñador puede interactuar con sus bocetos y evaluar el tipo de experiencia que sus propuestas pueden proveer.

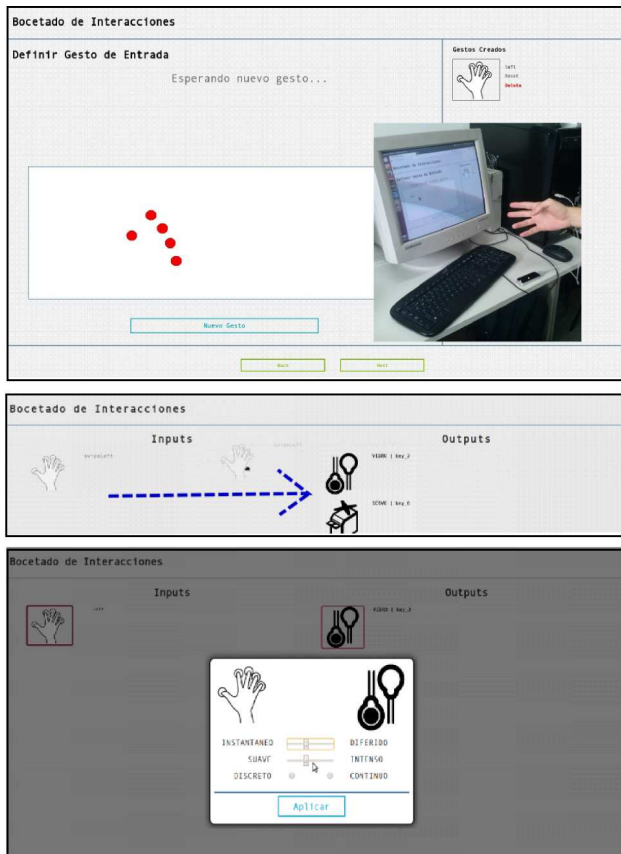


Figura 6. Pantallas de Pluma. Arriba: definición de gestos de input. Centro: relación entre input y output. Abajo: asignación de parámetros de interactividad

6. DISCUSION

El feedback de los diseñadores que realizaron estos ejercicios fue positivo, tanto respecto del umbral de acceso que la plataforma les impone para bocetar como de las posibilidades de definición de elementos de la interacción y solicitaron ampliar el vocabulario de interactividad disponible.

Para comprender plenamente la experiencia de usuario buscada, los diseñadores combinaron las simulaciones mentales apoyadas en bocetos 2D y storyboards con numerosas gesticulaciones utilizando tanto las maquetas de cartón como el bocetado en hardware elaborado con Pluma.

En las evaluaciones posteriores al ejercicio, los diseñadores acordaron que el desafío que supone para ellos la concepción y creación de nuevas interfaces físicas y tangibles, con las que se pueda interactuar mediante gestos, movimientos corporales, manipulaciones, etc. demanda la generación de una gran cantidad de externalizaciones y representaciones de productos intermedios

entre los cuales el aspecto común suele ser la experiencia de usuario que se imagina y que en cada una de esas representaciones se materializa de manera diferente.

Algunos de los requerimientos para las herramientas que surgieron a partir de las consideraciones iniciales y de las exploraciones con diseñadores son:

- Soportar de manera flexible el bocetado de la interacción, en el sentido de no imponer al diseñador un proceso predeterminado de generación del boceto.
- Bajar el umbral a la tecnología usada en la producción de bocetos, orientada a diseñadores de interacción y no sólo a ingenieros o informáticos.
- Facilitar la producción de bocetos 2D como analogía de los gráficos realizados en papel por diseñadores de interacción (trazo libre, falta de estructura y ambigüedad). Pueden ser utilizados como parte de representaciones del tipo storyboard que grafican instantáneas de la dinámica de un proceso.
- Permitir la realización de bocetos-maqueta y bocetos en hardware.
- Las tres formas del boceto deben ser fácilmente integrables y vinculables por parte del diseñador. De alguna manera podrían ser consideradas diferentes “vistas” de una idea en concepción de modo que una anotación en alguna de ellas debería reflejarse en las otras.
- Administrar el diseño de la interactividad. Implica más que establecer la combinación y multimodalidad de inputs y outputs. Para esto proponemos el uso de algún vocabulario de la interacción y su aplicación en el proceso de diseño.

7. CONCLUSIÓN Y FUTUROS TRABAJOS

En este trabajo hemos presentado un marco conceptual para integrar diferentes formas de bocetado en el diseño de interacciones enactivas, con eje en la inclusión de diferentes niveles de bocetado que estén integrados alrededor de una implementación de atributos de interactividad. Comenzamos con el repaso de la importancia que cobra la actividad de bocetado en el diseño de interacciones, especialmente como una forma de corporizar el pensamiento del diseñador al momento de generar y analizar ideas. Hemos visto que los desafíos de las nuevas interacciones corporizadas y embebidas en todo tipo de dispositivos generan la necesidad de herramientas que excedan al bocetado en 2D, generalmente realizado en papel, que es habitual en la práctica del diseño de interacciones. También repasamos el soporte teórico desde los estudios de la cognición corporizada y enactiva a tales desafíos y presentamos una pequeña herramienta para explorar la necesidad y conveniencia de incluir los bocetos en hardware con otras representaciones del proceso de generación de ideas.

Como trabajo futuro será necesario extender Pluma para completar el conjunto de herramientas que incluya todos los niveles de bocetado con la integración y trazabilidad indicadas y realizar experimentos con diseñadores que permitan refinar el marco conceptual presentado y especificar requerimientos para las herramientas destinadas a soportar la generación de ideas en el diseño de interacciones enactivas. También será necesario extender el soporte al ciclo completo de la generación de ideas de diseño con la posibilidad de soportar la anotación que los diseñadores utilizan para capturar los cambios que se proponen y poder repasar el racional por el cual se arribó a una solución dada.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente soportado por el proyecto InsPIre (TIN2012-34003) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno Español y los fondos FEDER y por el proyecto PICT-PAE 2187 financiado por la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica del Gobierno Argentino.

9. REFERENCIAS

- [1] Bailey, B.P. and Konstan, J.A. 2003. Are informal tools better?: comparing DEMAIS, pencil and paper, and authorware for early multimedia design. *CHI 2003* (New York, NY, USA, 2003), 313–320.
- [2] Bruner, J.S. 1969. *Hacia una teoría de la instrucción*. UTEHA.
- [3] Buxton, B. 2007. *Sketching user experiences: getting the design right and the right design*. Morgan Kaufmann.
- [4] Diefenbach, S. et al. 2013. An Interaction Vocabulary . Describing The How Of Interaction. *CHI'13* (Paris, Apr. 2013), 607.
- [5] Froese, T. et al. 2012. The Enactive Torch: A New Tool for the Science of Perception. *IEEE Transactions on Haptics*. 5, 4 (2012), 365–375.
- [6] Goldschmidt, G. 1991. The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*. 4, 2 (1991), 123–143.
- [7] Greenberg, S. and Fitchett, C. 2001. Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets. *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology* (New York, NY, USA, 2001), 209–218.
- [8] Hartmann, B. et al. 2005. d.tools: Visually Prototyping Physical UIs through Statecharts. *Interface* (2005).
- [9] Hassenzahl, M. and Tractinsky, N. 2006. User experience - a research agenda. *Behaviour Information Technology*. 25, 2 (2006), 91–97.
- [10] Heidegger, M. 2008. *Being and time*. Harper Perennial Modern Classics.
- [11] Hodges, S. et al. 2013. Exploring physical prototyping techniques for functional devices using .NET gadgeteer. *TEI '13*. (2013), 271.
- [12] Hornecker, E. 2007. *Sketches, Drawings, Diagrams, Physical Models, Prototypes, and Gesture as Representational Forms*.
- [13] Hummels, C. et al. 2006. Move to get moved: a search for methods, tools and knowledge to design for expressive and rich movement-based interaction. *Personal and Ubiquitous Computing*. 11, 8 (Nov. 2006), 677–690.
- [14] Kirsh, D. 2013. Embodied cognition and the magical future of interaction design. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 20, 1 (2013), 3:1–3:30.
- [15] Landay, J.A. 1996. SILK: sketching interfaces like crazy. *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 1996), 398–399.
- [16] Lawson, B. 2006. *How designers think: the design process demystified*. Elsevier.
- [17] Leap Motion: <http://www.leapmotion.com>. Accessed: 2014-02-27.
- [18] LeapTrainer.js: <http://github.com/roboleary/LeapTrainer.js>. Accessed: 2014-05-26.
- [19] Lim, Y. et al. 2009. Interactivity attributes. *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems - CHI 09* (New York, New York, USA, Apr. 2009), 105.
- [20] Lim, Y.-K. et al. 2008. The anatomy of prototypes: prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 15, 2 (Jul. 2008), 1–27.
- [21] Moussette, C. and Dore, F. 2010. Sketching in Hardware and Building Interaction Design : tools , toolkits and an attitude for Interaction Designers. *Proceedings of Design Research Society* (Montreal, Canada, 2010).
- [22] Node-issasemble Johnny-Five: <https://github.com/rwaldron/johnny-five>. Accessed: 2014-05-26.
- [23] Obrenovic, Ž. and Martens, J.-B. 2011. Sketching interactive systems with sketchify. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 18, 1 (Apr. 2011), 1–38.
- [24] Purcell, A.T. and Gero, J.S. 1998. Drawings and the design process. *Design Studies*. 19, 4 (1998), 389–430.
- [25] Tversky, B. and Suwa, M. 2009. Thinking with Sketches. *Tools for innovation*. O. Markman, ed. Oxford University Press.
- [26] Verplank, B. 2013. Closing Keynote: Tangible Interaction Metaphors, Haptics and Celebration. *TEI 2013* (Barcelona, 2013), 94305.
- [27] Wilson, M. 2002. Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*. 9, 4 (2002), 625–636.
- [28] Woo, J. et al. 2011. Interactivity sketcher. *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '11* (New York, New York, USA, May 2011), 1429.

Different interaction paradigms for different user groups: an evaluation regarding content selection

Diana Carvalho
INESC TEC and UTAD
4200-465 OPorto, Portugal and
5000-801 Vila Real, Portugal
+351 {222094000, 259350000}
dianac@utad.pt

Maximino Bessa
INESC TEC and UTAD
4200-465 OPorto, Portugal and
5000-801 Vila Real, Portugal
+351 {222094000, 259350000}
maxbessa@utad.pt

Luís Magalhães
INESC TEC and UTAD
4200-465 OPorto, Portugal and
5000-801 Vila Real, Portugal
+351 {222094000, 259350000}
lmagalha@utad.pt

ABSTRACT

In recent years there has been a boom of different natural interaction paradigms, such as touch, tangible or gesture-based interfaces, that make better use of human's innate skills rather than imposing new learning processes. However, no work has been reported that systematically evaluates how these interfaces influence users' performance with regard to their level of digital literacy or even age. Furthermore, it is also important to understand the interaction paradigms' impact when performing basic operations, such as data selection, insertion and manipulation, and which interface could be the most efficient for each task. This paper reports the first step of an exploratory evaluation about the relationship between different interaction paradigms and specific target-audiences: dealing with a selection task. We conducted an experiment with 60 subjects to evaluate how different interfaces may influence the performance of specific groups of users. Four input modalities are evaluated in a selection task and results for these different user groups are reported in terms of performance, efficacy (error rate) and user preference. For each group of users, we determined there was a statistically significant difference between the mean time taken to complete the task in each interface. Also, the one input modality every user was accustomed with (the computer mouse) was the one that showed the most discrepancy regarding performance between the groups. We believe that this study raises new issues for future research.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation (e.g., HCI)]: User Interfaces – *evaluation/methodology, input devices and strategies (e.g., mouse, touchscreen).*

General Terms

Performance, Design, Human Factors.

Keywords

NUI, interaction paradigms, input modalities, mouse, touch, tangibles, gestures, selection task.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

1. INTRODUCTION

The recent advances made in human-computer interaction have allowed us to manipulate digital contents more intuitively, exploiting recognition-based technologies that interpret complex human behaviors, such as speech, eye gaze, body language or gestures. These interfaces are considered natural as they require low cognitive loads from the user and prioritize their innate skills [16].

State-of-the-art multimodal interfaces recognize up to two interaction modes within different fields of interest, whether through the combination of pen devices and speech [20], [26], speech and gestures [17], [14], or multi-touch and tangible interfaces [5,21], [15]. As Oviatt and Cohen allude [18], multimodal interfaces tend to become more flexible as to how they apprehend the user's commands and what forms of input they permit according to the user's abilities and/or preferences, for instance: age, skill levels, cognitive styles, sensory and motor impairments, native language, or temporary illness. However, with the continuous addition of new input modalities in our daily lives there is no full conscious as to what paradigms can help or actually impair the user. That is to say, there is not much awareness of which interaction paradigms are the most adequate for different user profiles: children, people with different levels of digital literacy, elderly users, etc.

On the other hand, it is also important to understand which interface may be the most efficient regarding specific tasks performed by the user. In a virtual environment, the most basic tasks a user can perform are data selection, insertion and manipulation. It is important to understand if for different tasks there are different interfaces that can better assist the user. Nevertheless, to our knowledge there has not yet been a systematic study to understand this relation and throw some light as to which interfaces are considered best or worst for specific tasks.

In this context, this study is the first phase of a deeper research approach that aims to understand at which point the redundancy of commands, and constant addition of new input modalities, start to saturate and harm the user's performance. However, to reach this conclusion one must first grasp how the user relates to the different interfaces individually, and if the type of task and/or user profile influences this relation. In this paper, we intend to understand what is the most efficient interaction paradigm for specific target-audiences when performing one of the most basic tasks previously stated – selection. After presenting a brief outline of related work, we describe the methodology used for this study and discuss its results.

2. RELATED WORK

We can consider as natural interaction all the input/output interfaces that incorporate gestures and body language, speech, objects' position and proximity, the whole spectrum of visual or auditory output, smell, tact and haptic perception [10]. In fact, either active and/or passive input modes [19] have been implemented in countless fields such as education, entertainment, advertising and others, not only as independent interfaces, but also as multimodal systems.

Multi-touch interfaces have shown great potential mainly due to their ease of use, efficiency and intuitive nature, as well as the possibility to augment productivity rates as far as information use [12]. This type of interface has been contemplated in studies regarding different contexts and age groups [3,27], but always as independent reports and not as a systematic approach combining multiple input modalities.

Likewise, tangible user interfaces encourage an interactive social experience, and provide the user with an opportunity to be able to think about virtual and abstract information in a direct and palpable manner, as well as receiving immediate feedback to the stimuli given through physical objects [11]. The use of this type of interface is greatly praised amongst children [22].

On the other hand, three-dimensional gesture-based interfaces offer the user more freedom and the ability to manipulate virtual data taking advantage of depth in a well-defined spatial context [9]. As other interfaces previously stated, gestural interfaces have been implemented in a broad array of fields and contexts [23,25].

However, little is known about how the different interfaces affect one's performance in terms of age-related issues. Work has been developed in this area, but always independently as separate studies.

Other related experiments have been carried out concerning the user's response in performing a set of tasks with the computer mouse versus other interfaces, such as: multi-touch displays [2,7,8], tangible interfaces [1,28]; or even amongst each other [15,24]. Furthermore, some experiments reveal results where more than two of the above mentioned interfaces are compared simultaneously [4,6], but to our knowledge there has been little or no recent work done concerning a systematic evaluation of the above mentioned interfaces concerning different tasks and user profiles. Also worth mentioning is the fact that those assessments compare different interfaces but always amongst specific ages and not between age groups.

In this respect, published experiments have not yet provided an understanding of the nature or severity of the difficulties different user groups have when using distinct input devices. Also, there are no transversal comparisons of different age groups in one same study. This is, precisely, our point of action in this evaluation that falls within the scope of a broader systematic study we are conducting.

3. CASE STUDY

The aim of this work is to identify which input modality is the most efficient for different user groups in a selection task, regarding performance, efficacy (error rate) and user preference. To accomplish this, we explored the participants' dexterity in using different input modalities for a selection task: we compared the computer mouse, touch, tangible pieces and gestures.

3.1 Participants

In total, 60 unpaid volunteers who were naïve to the purpose of the experiment participated in the tests, and were divided into 3 groups, according to their age:

- Children: Consisted of 20 participants with ages varying from 9 to 12 years old. The children from this group attended the fifth and sixth year of primary school.
- Adults: Consisted of 20 participants with the age bracket of 20 to 30 years old and were graduate students from departments related to Computer Science.
- Older-adults: Consisted of 20 participants with the age bracket of 45 to 60 years old and were active workers of a secretariat department.

All of the participants were accustomed to working with computers on a daily basis and were all amongst the same level of digital literacy. We also ascertained how many had already experienced other means of interaction besides the computer mouse. Table 1 shows their awareness in terms of the different input modalities used in the experiment.

Table 1: Percentage of participants that had already used the different interfaces

Interfaces	Children	Adults	Older-adults
Graphical	100%	100%	100%
Touch	95%	100%	65%
Tangible	15%	35%	15%
Gestural	40%	60%	15%

The interface with the lowest experience amongst all the participants was the tangible one. The graphical and touch interfaces were the most familiar, although 35% of the older-adults confirmed having never used a display with touch support. The gesture-based interface was familiar to most groups but mainly for the adults, due to their time spent playing console games with support to this modality. Also, we acknowledge that the percentage relating to tangibles regarding the adults was much higher than the other groups for this same reason.

3.2 Experimental Design

The experiment used a within-participant repeated-measures design. Each of the 60 subjects performed the different tasks 5 times each, which gives a total of 20 trials per participant, and a total of 1200 trials during the experiment. We set specific performance metrics related to a quantitative method of evaluation of the different input modalities: we considered the speed in successfully completing a task and the accuracy for the task completion (number of errors). Aside from this discrete data gathered throughout the tests, we also performed qualitative observational analysis of the subjects' behavior and applied at the end of each test a questionnaire with closed-end questions that relied on qualitative Likert Scales [13] and ranking lists to understand, for all the input modalities: the ease of use, ease of learning, fatigue effect, naturalism of interaction, level of user comfort / frustration, user's degree of presence and concentration, and also participants' preference.

3.3 Apparatus

Figure 1 shows the setup used for this study. The tests were performed in a closed room with artificial light and the system

consisted on a 22" touchscreen, a kinect sensor, a webcam, 8 tangible pieces, and a computer mouse. The kinect sensor was mounted on a tripod behind the screen and about 25 cm above it, facing towards the users in order to detect their hand position and movement. The tangible pieces were put right in front of the screen, always in the same order, and with the same space between them.



Figure 1: Setup used in the experiment

The software for the different tasks was developed in Python with the Kivy Framework. Also, we used the open source computer vision Framework reacTIVision to track the fiducials and TuioKinect to track the hand gestures.

3.4 Procedure

In the beginning of the experiment, the participants were given a general guidance about the different tasks to perform as well as the range of available input modalities. We also collected data about their previous experience with the different interfaces through an individual questionnaire at the beginning of each test. The researcher was present at all times and when a new input modality was introduced, it was explained how it worked and how to use it.

We divided the experiment into four phases, each making use of a different input modality for the selection task:

- Task 1 (Mouse): Make use of the computer mouse.
- Task 2 (Touch): Make use of touch.
- Task 3 (Tangibles): Make use of tangible objects.
- Task 4 (Gestures): Make use of hand gestures.

The tasks relied on selecting the right button out of 8 displayed on the screen (Figure 2). These buttons were organized in two columns and were randomly positioned.



Figure 2: Layout of the buttons displayed on the screen

When the application started, a countdown appeared from number 3 to 1 and then the grid of buttons would be presented on the display. Only here the time would start to count. The users were given the name of the button to be selected moments before this grid appeared on the screen, forcing them to select the right button as fast as they could. When the task was successfully finished, that is, when the right button was selected, the screen would show messages of congratulations and "task completed". The user would then pass to the next trial. On the other hand, when the user selected the wrong button a message appeared on the screen letting him or her know about it and 5 seconds later the task would restart, giving the user a second opportunity to successfully complete it.

For the first task participants would use the computer mouse, and for the second one they would resort to the touch screen. On the other hand, task 3 consisted on a tangible interface, giving the users the chance to select the right button resorting to 8 physical pieces labeled with icons related to the button's name (Figure 3a). The users would be asked to pick up the piece and insert it in the webcam device prepared for this experiment (Figure 3b). Here, the system would recognize the fiducial engraved at the bottom of the pieces (Figure 3c).



Figure 3: (a) Tangible pieces used in the experiment; (b) The webcam device used to recognize the fiducials; (c) Fiducials engraved at the back of the pieces

The fourth and final phase consisted in selecting the buttons resorting to 3D gestures. The user was asked to lift up his arm and hold it within a specific area between him and the screen. The camera would detect his hand and an image of a target would appear in the screen, indicating that the system was recognizing the point gesture. The goal was to select the button by moving the target with the hand movement to the front of the desired button and hold it so that a selection could be made. Here, the user had to point and wait for 0.8 seconds for the system to recognize the intended button. For evaluation purposes this time gap was removed from the total time variable. The target also provided a visual feedback for the user to be able to know that the selection was in progress. When the system detected that the hand was not moving, a green circle would grow inside the target, indicating the selection (Figure 4).



Figure 4: Selection process for the gestural interface

The participants were not given a specific time limit to complete the tasks, but they were told about the importance of performing the tasks as fast as they could and avoiding as many errors as possible. Given that it was a very stressful test for some audiences, mostly for children, the participants could choose to pause the test and rest at any given moment between the tasks. No training trials were performed, as it was one of our goals to be able to perceive how the participants who had never experienced the modality would react and the amount of time one needed to adapt to the new input modality. For purposes of understanding if the performance would improve with practice or not, for all the phases each task was repeated 5 times.

After the tests were concluded, the subjects completed a questionnaire in order to gather their opinion about the input modalities provided. Furthermore, we wanted to apprehend their own perspective about the efficiency and performance of those modalities.

4. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, we present results of this pilot case study. We believe that we may help researchers begin to understand how

different user groups, regarding age brackets, perceive different input modalities and which is the most effective in terms of basic selection tasks.

4.1 Performance

4.1.1 Children's Performance

A repeated measures ANOVA with a Greenhouse-Geisser correction determined there was a significant difference between the mean time taken to complete the task in each interface ($f(1.108, 21.044) = 19.904, p < .000$). Post-hoc pairwise comparisons tests using the Bonferroni correction showed that, except for the mouse and touch inputs ($p = .353$), the mean times were statistically significantly different: mouse and tangibles ($p = .001$); mouse and gestures ($p = .000$); touch versus tangibles or gestures ($p = .000$); tangibles and gestures ($p = .000$). In terms of mean time, the input with the fastest results was touch (2,27 s), followed by the mouse (2.69 s), tangibles (4.16 s) and finally gestures (9.12 s).

4.1.2 Adults' Performance

As the Mauchly's sphericity was not assumed, like in the children's group, we applied the Greenhouse-Geisser adjustment to the repeated measures ANOVA ($f(1.010, 19.190) = 12.520, p < .002$). Regarding the mouse and touch input modalities this group also elicited a slight reduction in terms of mean time, which was not statistically significant as demonstrated by pairwise comparisons tests using the Bonferroni correction ($p = 1.000$). This difference registered as even lower than the previous group. Moreover, the difference between gestures and tangibles was also not statistically significant ($p = .077$), as opposed to the other combinations: mouse and gestures ($p = .008$); touch and gestures ($p = .003$); and tangibles versus mouse or touch ($p = .000$). Again, the touch input registered the lowest mean time (2.10 s), followed by the mouse (2.12 s), tangibles (3.61 s) and gestures (8.00 s). Indeed, this group registered such an insignificant difference between mouse and touch inputs (.02 s) that we can assume that for a selection task this group is indifferent regarding the input interface when it comes to mouse or touch.

4.1.3 Older-adults' Performance

The older-adults' performance also achieved a statistically significant difference between the mean times in each interface ($f(1.137, 21.606) = 32.007, p < .000$), as determined by a repeated measures ANOVA with the Greenhouse-Geisser correction. According to post-hoc pairwise comparisons tests using the Bonferroni correction, the mean times were statistically significantly different, except for the tangibles and mouse ($p = .373$): mouse and gestures ($p = .000$); touch versus tangibles or gestures ($p = .000$); tangibles and gestures ($p = .001$). Also, contrarily to the other groups, the difference between mouse and touch input was statically significant in the older-adults' group ($p = .003$). Indeed, this group registered a different pattern concerning performance when compared to the other two groups: mouse and tangibles did not register a statistically significant difference with .59 seconds apart from each other in terms of mean time; and, also very dissimilar to the other groups, mouse and touch registered a statistically significant difference with 1.17 seconds apart from each other in terms of mean time. These results led to a contrast between the groups concerning the different interfaces. The interface that scored the lowest mean time was touch (2.08 s), followed by the mouse (3.25 s), tangibles (3.84 s) and gestures (9.63 s).

4.1.4 Overall Performance

Additionally to comparing the performance inside each group regarding the different interfaces, we also analyzed the performance between each group. Figure 5 shows the mean time taken to complete the tasks for all three groups in each interface. There were no outliers and the data was normally distributed for each group.

Indeed, there was no statistically significant difference between groups for each interface, except for the mouse input, that registered a significant difference between the groups of adults and older-adults ($p = .002$). Curiously, the one input device every participant uses on a daily basis – the computer mouse – had dissimilar results once compared between the groups. As this interface was the one that all participants had the most practice with, it seems that instead of increasing with experience it ends up suffering in terms of performance throughout the years.

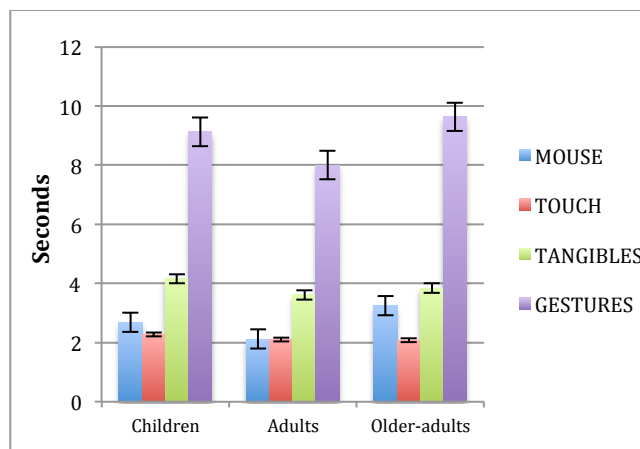


Figure 5: Mean time taken to complete the task (in seconds)

Overall, the adults' group presented the lowest mean time in most of the interfaces, comparing to the other groups. Also, the mean selection time for the several input modalities did follow a pattern throughout the three user groups: (1) the gesture-based interface was not nearly as efficient as the rest, showing much discrepancy when compared to the other interfaces in terms of mean time; and (2) touch was the fastest and proved to be more consistent throughout all the groups, with little variations in mean time. Also, for a simple selection task, touch appears to be more efficient amongst the three groups in terms of mean time, even considering that their awareness in terms of this input modality was distinctive (as concluded in the initial questionnaire).

We might reach the conclusion that the type of group does not influence the performance but, instead, the type of interface that is used does. That is to say, according to the type of task, the usage of different interfaces may influence the users' performance and preference. Even when comparing the groups side by side, we may reach the conclusion that not all of the interfaces produced the same results.

4.2 Error rate

We considered an error when the button that was selected by the participant was not the correct one. The only input modality that registered faults during the task was the gesture-based one, with a total of 2 errors from the children's group, 8 errors from the adults' and 14 errors from the older-adults'. The group of the older-adults registered the higher error rate and also the higher

mean time of all, which may imply that over the years their dexterity decreases. In this case, the older-adults would not have the motor reflexes to divert the hand from the current location before the animation of the target selection was completed. However, we will not further explore this assumption on the course of this paper.

4.3 Participants' Preferences

At the end of the experiment, when asked about the interface they liked the most regarding ease of use and intuitiveness, the majority chose touch. Even for those who had never used touch as the interaction mode, this was the most popular and every participant said it was easy to use and practical for an everyday use. As for comfort in interaction, all of the subjects designated the gestural interface as the least comfortable and more challenging of all. Also on this interface, the groups of adults and older-adults thought it was also more demanding in terms of concentration.

In terms of user preference, the children chose the touch modality and the tangibles as the top two favorites, and the groups of adults and older-adults chose the touch interface. This was registered during the final survey where the participants ought to pick their favorite type of interface and also their least preferred. Indeed, the majority of children chose touch as favorite, with 60% of the answers putting this modality in the first place, followed by the tangible interface (25%). At the bottom two places were the gestures and the mouse, with 40% and 30% respectively. Likewise, the majority of the adults' group elected touch as the favorite with 65% of the replies, and 60% of them pointed gestures as the least favorite. The older-adults chose touch as the favorite with 75% of the answers, leaving behind the other input modalities with just 10% for touch and the same for gestures, and 5% for the tangibles. This group also designated the gesture-based interface as the least popular with 60% of the answers, as did the adults.

4.3.1 Participants' Difficulties and Behavior

We observed different behaviors in the various groups concerning each modality. When using the computer mouse, all of the participants showed a regular approach of looking for the right button and clicking on it. However, we noticed that children and the older-adults first took their time searching for the cursor and only after finding its position they started searching for the right button. When resorting to touch and tangibles all groups demonstrated a similar behavior, and did not demonstrate an abnormal effort in completing the tasks.

The gesture-based interface was the one that proved to be more challenging, especially when selecting the buttons located at the top left and right corners. The most perceptible behavior of the participants in this situation was that they would push the arm forward to try to select the button, and thus exiting the detection area, instead of lifting it upwards. This situation would lead the participant to a higher level of frustration and thus ending up affecting the rest of the task until successfully concluding it.

On a different matter, there was no apparent difference in behavior concerning users right or left-handed. They performed the task with equal comfort.

5. CONCLUDING REMARKS

This exploratory investigation was intended to understand which input modality was the most efficient for a specific target-audience in a selection task. Even though this study is completely exploratory and far from complete, according to the results presented it appears to be evidence that the creation of distinctive

user profiles regarding interaction with different interfaces could be important. Furthermore, these indications have highlighted the need for further investigation to understand key issues related to input modalities and user preferences.

This is still a work in progress and more effort is being put in developing studies regarding other tasks, and compare each group's results between each other and each interface. Furthermore, we intend to follow other evaluation methods and test these same interfaces according to Fitts' and Steering Law for target acquisition and tracking performance evaluation for pointing devices. Therefore, we will be able to complement the usability test's results of this study with a more formal evaluation of the interfaces. Later on we will also apply these same evaluation methods to other tasks.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to acknowledge the support and contribution of "Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro" and the schools that took part in our study: "Colégio Moderno de São José" and "Escola Secundária Morgado de Mateus", both in Vila Real, Portugal.

Diana Carvalho has a PhD fellowship granted by FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BD/81541/2011).

7. REFERENCES

- [1] Antle, A.N., Droumeva, M., and Ha, D. Hands on what? *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '09*, ACM Press (2009), 80.
- [2] Beheshti, E., Van Devender, A., and Horn, M. Touch, click, navigate. *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces - ITS '12*, ACM Press (2012), 205.
- [3] Carvalho, D., Bessa, M., Oliveira, L., Guedes, C., Peres, E., and Magalhães, L. New Interaction Paradigms to Fight the Digital Divide: A Pilot Case Study Regarding Multi-Touch Technology. *Procedia Computer Science 14*, (2012), 128–137.
- [4] Donahue, T.J., Poor, G.M., Mott, M.E., Leventhal, L.M., Zimmerman, G., and Klopfer, D. On interface closeness and problem solving. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '13*, ACM Press (2013), 139.
- [5] El-Glaly, Y.N., Quek, F., Smith-Jackson, T., and Dhillon, G. Touch-screens are not tangible. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '13*, ACM Press (2013), 245.
- [6] Esteves, A., van den Hoven, E., and Oakley, I. Physical games or digital games?: comparing support for mental projection in tangible and virtual representations of a problem-solving task. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '13*, ACM Press (2013), 167.

- [7] Findlater, L., Froehlich, J.E., Fattal, K., Wobbrock, J.O., and Dastyar, T. Age-related differences in performance with touchscreens compared to traditional mouse input. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13*, ACM Press (2013), 343.
- [8] Forlines, C., Wigdor, D., Shen, C., and Balakrishnan, R. Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '07*, ACM Press (2007), 647.
- [9] Hilliges, O., Izadi, S., Wilson, A.D., Hodges, S., Garcia-Mendoza, A., and Butz, A. Interactions in the air. *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '09*, ACM Press (2009), 139.
- [10] Jain, J., Lund, A., and Wixon, D. The future of natural user interfaces. *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '11*, ACM Press (2011), 211.
- [11] Kim, M.J. and Maher, M. Lou. Collaborative Design in a Tabletop System employing Tangible User Interfaces. *2007 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, IEEE (2007), 192–197.
- [12] Kin, K., Agrawala, M., and DeRose, T. Determining the benefits of direct-touch, bimanual, and multifinger input on a multitouch workstation. (2009), 119–124.
- [13] Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology 22 140*, (1932), 55.
- [14] Liu, J. and Kavakli, M. A survey of speech-hand gesture recognition for the development of multimodal interfaces in computer games. *2010 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, IEEE (2010), 1564–1569.
- [15] Lucchi, A., Jermann, P., Zufferey, G., and Dillenbourg, P. An empirical evaluation of touch and tangible interfaces for tabletop displays. *Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction - TEI '10*, ACM Press (2010), 177.
- [16] Mayer, R.E. and Moreno, R. Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist 38*, 1 (2003), 43–52.
- [17] Miki, M., Kitaoka, N., Miyajima, C., Nishino, T., and Takeda, K. Improvement of multimodal gesture and speech recognition performance using time intervals between gestures and accompanying speech. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing 2014*, 1 (2014), 2.
- [18] Oviatt, S. and Cohen, P. Perceptual user interfaces: multimodal interfaces that process what comes naturally. *Communications of the ACM 43*, 3 (2000), 45–53.
- [19] Oviatt, S.L. Multimodal Interfaces. In A. Sears and J.A. Jacko, eds., *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, Second Edition*. CRC Press, 2007, 413–432.
- [20] Piper, A.M., Weibel, N., and Hollan, J.D. Write-N-Speak. *ACM Transactions on Accessible Computing 4*, 1 (2011), 1–20.
- [21] Riedenklau, E., Hermann, T., and Ritter, H. An integrated multi-modal actuated tangible user interface for distributed collaborative planning. *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '12*, ACM Press (2012), 169.
- [22] Sylla, C., Branco, P., Coutinho, C., and Coquet, M.E. Storytelling through drawings. *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '09*, ACM Press (2009), 3461.
- [23] Tecchia, F., Alem, L., and Huang, W. 3D helping hands. *Proceedings of the 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry - VRCAI '12*, ACM Press (2012), 323.
- [24] Tuddenham, P., Kirk, D., and Izadi, S. Graspables revisited. *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10*, ACM Press (2010), 2223.
- [25] Walter, R., Bailly, G., and Müller, J. StrikeAPose. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13*, ACM Press (2013), 841.
- [26] Watanabe, Y., Iwata, K., Nakagawa, R., Shinoda, K., and Furui, S. Semi-Synchronous Speech and Pen Input. *2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP '07*, IEEE (2007), IV–409–IV–412.
- [27] Xiaohua Yu, Mian Zhang, Yaofeng Xue, and Zhiting Zhu. An exploration of developing multi-touch virtual learning tools for young children. *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer*, IEEE (2010), V3–4–V3–7.
- [28] Xie, L., Antle, A.N., and Motamedi, N. Are tangibles more fun?: comparing children’s enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction - TEI '08*, ACM Press (2008), 191.

Hacia la obtención de patrones de interacción para el diseño de videojuegos soportados en Smartphones

Leandro Filigrana B.

Universidad del Cauca

Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.

(57)+2+8209800, ext. 2133

lfiligrana@unicauca.edu.co

Andrés Solano

Universidad del Cauca

Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.

(57)+2+8209800, ext. 2133

afsolano@unicauca.edu.co

César A. Collazos

Universidad del Cauca

Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.

(57)+2+8209800, ext. 2133

ccollazo@unicauca.edu.co

RESUMEN

Hallar una solución común a problemas recurrentes de diseño o creación de programas computacionales, es una forma de mejorar la comunicación entre los diseñadores de los productos software y sus múltiples usuarios. Actualmente una de las prácticas utilizadas para hallar estas soluciones es por medio de los patrones, los cuales tienen su origen en la arquitectura y han sido utilizados desde los años 90 en el mundo del software. Aún así, no resulta sencillo decidir cuál o cuáles de los patrones existentes son más apropiados para utilizar en el diseño de videojuegos, de tal manera que se pueda contribuir en la facilidad de uso de los videojuegos. Por tal razón, este artículo presenta una propuesta para obtener un conjunto de patrones de interacción enfocados principalmente en la facilidad de uso, los cuales estén relacionados con el diseño de videojuegos soportados en Smartphones. Lo anterior, a partir de la recopilación de información acerca de patrones de interacción de software tradicional y de software de entretenimiento.

Categorías y Descriptores Temáticos

D.3.3 [Programming Languages]: Patterns I.2.1 [Applications and Expert Systems]: Games

Términos generales

Documentación, Diseño.

Palabras claves

Patrones de interacción, videojuegos, Smartphones, facilidad de uso.

1. INTRODUCCIÓN

La creación de videojuegos soportados en cualquier hardware no es tarea fácil, sobre todo cuando se está pensando en obtener un buen producto que cumpla con las características mínimas para ser agradable a los usuarios. Según una investigación realizada en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada (España), los videojuegos deben cumplir con atributos como la motivación, facilidad de uso, eficiencia y

efectividad en el manejo de los recursos; además, deben ser diseñados pensando en los usuarios, implicándolos tanto como sea posible, en el equipo de diseño y desarrollo o en el equipo encargado de las pruebas[1].

Igualmente, está comprobado que una gran cantidad de videojuegos del pasado y presente han tenido problemas de interacción por el mal diseño de interfaces de usuario, porque en ocasiones no es tenido en cuenta el jugador [2]. Esta situación se evidencia en dispositivos móviles, los cuales están alcanzando una gran acogida como soporte de videojuegos y que además tienen características de interacción diferentes a las consolas tradicionales, como por ejemplo su manejo táctil [3].

Para solucionar los problemas o errores recurrentes en software tradicional y de entretenimiento, una de las técnicas utilizadas son los patrones de software, que presentan soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software referentes a la estructura y a otros ámbitos como el diseño de interacción o de interfaces [4]. Los patrones software son aplicados en áreas de investigación como la Interacción Humano Computador (HCI, *Human-Computer Interaction*), mediante la cual es posible hablar de patrones de interacción, que como su nombre lo indica están centrados en la interacción del usuario y aplicaciones software [5].

Los patrones de interacción han sido utilizados en gran medida para solucionar problemas recurrentes en interfaces de software tradicional y en mejorar su usabilidad, y aunque se han usado en la construcción de videojuegos, estos no siempre se adaptan fácilmente para utilizarlos en el diseño de videojuegos soportados en dispositivos móviles tales como los Smartphones. A pesar que existe una gran variedad de patrones software y de interacción, el problema surge al momento de decidir cuál o cuáles de los patrones de interacción existentes son los más apropiados para utilizar en el diseño de videojuegos soportados en Smartphones. En ese sentido, la presente investigación intenta obtener un conjunto de patrones de interacción que contribuyan al diseño de videojuegos soportados en Smartphones. Para ello, deben alcanzarse las siguientes metas: (1) identificar patrones de interacción de software existentes apropiados para adaptar en ambientes de videojuegos soportados en Smartphones; (2) adaptar y/o crear un conjunto de patrones de interacción enfocados en la facilidad de uso para videojuegos soportados en Smartphones; (3) generar un prototipo de videojuego soportado en Smartphones con base en los patrones de interacción generados y/o adaptados; y (4) evaluar los patrones de interacción generados y/o adaptados a través de un caso de estudio, utilizando el prototipo generado.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

La sección 2 presenta los conceptos teóricos básicos relacionados con la temática del artículo. La sección 3 describe algunos de los trabajos más relevantes relacionados con el presente documento. La propuesta de investigación es presentada en la sección 4, luego la sección 5 presenta algunos resultados preliminares. Finalmente, la sección 6 presenta algunas conclusiones y trabajos futuros.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 Patrones de software

Dentro del contexto informático un patrón es una solución probada la cual se aplica a un problema recurrente o que sucede repetidas veces [4]. Este concepto fue tomado a partir de un trabajo realizado por el arquitecto Christopher Alexander en 1979 [4], en el cual describe algunas soluciones a problemas recurrentes en la arquitectura de aquella época; y que paulatinamente se ha implementado en el mundo informático. Estos patrones de diseño de software se utilizan y/o adaptan a diferentes tipos de software, incluyendo el software de entretenimiento como son los videojuegos, en donde la interacción con el usuario es una característica fundamental para que sea considerado exitoso. Por esta razón a los videojuegos se les puede aplicar un tipo de patrones que se enfoque en la comunicación directa entre el usuario y el programa de entretenimiento; y estos son los patrones de interacción, que permiten generar soluciones a problemas recurrentes durante la interacción con los videojuegos [6].

2.2 Facilidad de uso

Para aplicar patrones de interacción a los videojuegos, podría pensarse en muchas características y/o atributos de un producto software, sin embargo, los patrones de interacción estarán enfocados en la subcaracterística de usabilidad: facilidad de uso, pues esta es parte fundamental del diseño de videojuegos, para que la interacción pueda ser muy natural e intuitiva [7]. Dicha subcaracterística está relacionada con la subcaracterística de usabilidad llamada capacidad de operación en la norma ISO 9126 [8] y en la norma ISO 25010 [9], la cual se enfoca en los atributos de un sistema software que le permiten ser fácil de operar y controlar.

La facilidad de uso tiene relación de forma directa con la eficiencia o efectividad, medida de velocidad o cantidad de posibles errores [9]. Un sistema fácil de usar permitirá al usuario efectuar más operaciones por unidad de tiempo (o menor tiempo para la misma operación) y disminuirá la probabilidad de que ocurran errores. Esta subcaracterística permitirá centrarse en problemas de interacción relacionados con la operación y control de los videojuegos, problemas que en ocasiones pueden ser recurrentes, pero que podrían tener una solución común [10].

2.3 Videojuegos soportados en Smartphones

Los videojuegos pueden considerarse como un juego interactivo especial, dado que su principal objetivo es divertir y entretener a los usuarios [1]. En la actualidad los videojuegos se han convertido en uno de los medios de entretenimiento más predilectos, y de gran influencia cultural y social en personas de todas las edades. Por lo tanto, es necesario desarrollar mejores productos que satisfagan a la mayor cantidad de usuarios posibles, por medio de la optimización de sus etapas de creación

como son el diseño de interacción, que a su vez podría mejorar su facilidad de uso [1].

En su proceso de crecimiento los videojuegos se han adaptado a diferentes plataformas y dispositivos, tales como los Smartphones o teléfonos móviles de última generación, los cuales se han transformado en una de las plataformas de videojuegos más utilizadas, comparables a algunas de las consolas específicas de este ámbito (como la PlayStation, Play Station Portable, Nintendo DS, entre otras), puesto que sus opciones de descargas de juegos desde internet y otras funcionalidades como la de comunicación, los hace más completos que las consolas corrientes e incluso que las portables [3]. Lo anterior permite vislumbrar la importancia que ha cobrado la interacción de usuarios con los Smartphones, especialmente la interacción con los videojuegos que estos dispositivos soportan.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Durante más de cuatro décadas los patrones de software han sido objeto de estudio y fuente de información para tratar de solucionar diversos problemas recurrentes relacionados con la creación, estructura, interacción y comportamiento de programas computacionales, lo cual permite obtener una gran cantidad de información para apoyar el trabajo con patrones de interacción. Algunas de las investigaciones más relevantes y que contribuyen al presente trabajo son presentadas a continuación.

En [11] los autores han creado y utilizado más de 12 patrones de interacción que están directamente relacionados con la interface de usuario y su usabilidad. El propósito de esta investigación es ayudar a desarrollar mejores herramientas software, argumentando que al capturar sabiduría colectiva de varios diseñadores, de alguna manera puede servir a diseñadores menos experimentados. Los patrones de interacción mencionados en [11] han sido aplicados específicamente a software tradicional, lo cual se diferencia ampliamente con la investigación planteada. Aún así dichos patrones podrían ser tomados como referentes para adaptarse al entorno de videojuegos soportados en Smartphones.

En [6] el autor propone un conjunto de patrones software que describen soluciones a los problemas recurrentes de jugabilidad en VJE, obtenidos a partir de un análisis de VJE existentes. De esta forma, este trabajo permite tomar como referente varios conceptos y técnicas para generar, adaptar y/o clasificar patrones de interacción, los cuales son llamados por el autor como patrones de diseño de usabilidad. Por otra parte, la diferencia de lo planteado en [6] con la propuesta presentada en este artículo, radica principalmente en que los patrones de interacción a generar y/o adaptar, están enfocados exclusivamente en la facilidad de uso de videojuegos soportados en Smartphones.

La revisión de la literatura evidencia que existe un buen número de investigaciones enfocadas en patrones de interacción, sin embargo, la información acerca de patrones de interacción para el diseño de videojuegos soportados en Smartphones es muy escasa.

4. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo pretende obtener un conjunto de patrones de interacción enfocados en la facilidad de uso, los cuales pueden servir como guía para los diseñadores y desarrolladores de videojuegos soportados en Smartphones, puesto que por medio de estos patrones podrán encontrar posibles soluciones a problemas o errores que pueden presentarse recurrentemente en videojuegos ya desarrollados o que están en proceso de desarrollo. También, lo

esperado mediante los patrones de interacción es poder contribuir a la interacción entre el usuario y los videojuegos soportados en Smartphones, con el propósito de que los usuarios tengan una experiencia más consistente y predecible mientras interactúan con el videojuego.

Adicionalmente, mediante los patrones de interacción propuestos se espera poder contribuir a la comunicación entre el diseñador y el usuario, optimizando la etapa del diseño para posteriores versiones o para nuevos videojuegos.

4.1 Resultados preliminares

Con el fin de obtener un conjunto de patrones de interacción apropiados para utilizar en el diseño de videojuegos soportados en Smartphones, han sido realizadas las siguientes actividades:

1. Caracterización de un videojuego soportado en Smartphones.
2. Recolección de información respecto a patrones de diseño software, patrones de interacción y patrones aplicados en videojuegos.
3. Selección de una serie de patrones candidatos a ser adaptados, a partir de la información recolectada.

La selección de patrones (actividad N° 3) fue realizada una vez se identificó la siguiente información para cada patrón.

- *Tipo de patrón:* indica el tipo de patrón identificado, si es un patrón de diseño software, de creación, estructura o comportamiento, y si es un patrón de interacción aplicado en la Web o directamente en videojuegos.
- *Autor:* quien creó o propuso el patrón
- *Nombre* que fue asignado al patrón
- *Descripción del problema* que pretende solucionar el patrón..
- *El contexto* en donde se aplica el patrón
- *La relación del patrón con la facilidad de uso*
- *Observaciones* generales de cada análisis del patrón.

A partir de la información antes definida, se realizó la selección de patrones (actividad N° 3), el cual consistió en ejecutar una minuciosa observación y análisis de cada patrón objeto de estudio, para buscar y/o encontrar una posible relación existente entre:

- La descripción del problema del patrón y las características de facilidad de uso descritas en [8], [9] y [12], como son: la capacidad de un producto software de ser fiable, adaptable, controlable y operable en su interface, además de su capacidad de realizar cierta cantidad de operaciones en una unidad de tiempo.
- El contexto donde se aplica el patrón objeto de estudio y los posibles casos donde se presentan problemas de interacción con videojuegos.

Por lo tanto, cada vez que fue encontrada dicha relación, el patrón fue seleccionado como candidato para ser adaptado en entornos de videojuegos soportados en Smartphones. Al finalizar la selección se obtuvieron algunos resultados preliminares como se presenta a continuación.

De los patrones de diseño de software de los GOF [2], no fue seleccionado ninguno, puesto que al evaluar el problema que solucionan y su relación con la facilidad de uso, se determinó que estos patrones están relacionados con el funcionamiento interno de un sistema y no con la interface que permite la comunicación directa con el usuario.

Respecto a los patrones de interacción, hasta el momento los más destacados y que fueron seleccionados por su posible adaptación al entorno objeto de estudio, son: (1) Despliegue de información de alta densidad (*High- density Information Display*), el cual indica de qué forma se le debe mostrar o desplegar la información al usuario; (2) Panel de control (*Control panel*), el cual señala cómo puede un dispositivo (teléfono móvil, computador, consola etc.), presentar o mostrar las acciones que puede tomar un usuario, de una forma que sea sencilla y comprensible. Los patrones (1) y (2) fueron seleccionados a partir de [11].

Respecto a los patrones aplicados a videojuegos se destacan algunos propuestos por Bjork en [13], los cuales pueden adaptarse a dispositivos móviles, que en este caso corresponde a Smartphones. Uno de ellos es el patrón Área Configurable (*Configurable area*) que está enfocado en que los jugadores puedan instalar y configurar sus propias sesiones de juego en cualquier lugar, por ejemplo, ubicar los obstáculos del juego donde el usuario desee. Otro de los patrones seleccionados para su posible adaptación es: Información Extra del Juego (*Extra Game information*), cuya descripción del problema menciona que a menudo los juegos para móviles son descargados y no tienen un manual asociado, entonces los jugadores pueden usar la comunicación vía web, para obtener instrucciones más completas del juego. También ha sido seleccionado el patrón Experiencia Común (*Common Experience*), que permite a algunos usuarios acumular experiencias de otros jugadores, especialmente en juegos colaborativos, generándoles un dinámico aprendizaje.

Con base en la información recolectada y analizada, ha sido posible proponer de manera preliminar un primer patrón de interacción para el diseño de videojuegos soportados en Smartphones, el cual es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplo de patrón de interacción adaptado a videojuegos soportados en Smartphones

Patrón: Configuración de los controles de mando	
Descripción	En diversas ocasiones los usuarios de Smartphones necesitan configurar y alterar las posiciones de los controles de mando táctiles, de tal forma que puedan manipular el dispositivo móvil con una o con dos manos, dependiendo su necesidad. Y aunque existen Smartphones que permiten alinear su teclado, los videojuegos para Smartphones muchas veces no admiten cambiar la ubicación de sus controles de mando táctiles presentados en pantalla.
Ejemplo:	En el videojuego Hill Climb Racing [14] (ver Figura 1), cuya mecánica básicamente consiste en mover un automóvil o motocicleta sobre unas montañas, evitando que el conductor se detenga o golpee su cabeza; es controlado solo con dos mandos que son <i>Break</i> para retroceder y frenar y <i>Gas</i> para acelerar, los cuales aparecen a la izquierda y derecha de la pantalla respectivamente, casi que obligando al jugador a usar ambas manos para interactuar con el juego.
Contexto:	Configurar la posición de los controles de mando táctiles acorde a las medidas y tipo de interacción que desee un jugador, para manipular con una o con ambas manos.
Solución:	Presentar al usuario y/o jugador la opción de cambiar la posición de los controles de mando

	táctiles, y ubicarlos conforme al deseo de manejar el dispositivo con una mano, y pueda elegir la alineación, a la derecha o izquierda, teniendo siempre en cuenta que no se debe obstaculizar la visión del área de juego.
Facilidad de uso:	Adecuar el videojuego a la forma de sujetar el Smartphone, con una o dos manos.
Patrones de origen:	<i>Configurable Game play area</i> (Configuración del Área de juego.) by Steffan Bjork. Y <i>High-density Information Display</i> (Despliegue de información de alta densidad) by Jenifer Tidwell



Figura 1. Imagen del videojuego Hill Climb Racing.

El patrón *Configuración de los controles de mando* se propuso a partir de la adaptación de los patrones de origen mencionados en la Tabla 1, y descritos previamente en el presente artículo. Ambos patrones tienen en común que su descripción del problema, su contexto y solución, están enfocados en la reconfiguración del área de juego y/o reubicación de sus objetos. Esto permite presentarle al usuario la información y las opciones de juego de una manera más amigable y fácil de usar. En este caso fueron adaptados para solucionar un posible problema de interacción con Smartphones, relacionado al manejo con una o con dos manos.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este documento se han descrito una serie de trabajos y de resultados preliminares relacionados con una propuesta de investigación que intenta obtener un conjunto de patrones de interacción para el diseño de videojuegos soportados en Smartphones. Esta propuesta pretende mejorar la interacción de los jugadores con los videojuegos, por medio del análisis, selección y adaptación de experiencias acumuladas por investigadores del área de patrones.

Con base en la información planteada en este artículo se puede decir que los patrones de interacción podrían contribuir a la optimización de los diseños de videojuegos, puesto que plantean, evitan y solucionan posibles problemas que experimenta un jugador durante su interacción con un videojuego.

De igual forma, se espera aportar información valiosa a los diseñadores de interacción de videojuegos soportados en Smartphones, quienes podrían ser los principales interesados en este documento.

Como actividades futuras, a corto plazo se tiene planeado continuar con la selección de posibles patrones que puedan adaptarse al entorno objeto de estudio, a partir del banco de patrones elaborado hasta el momento. Dicha selección será realizada considerando la relación entre los patrones y la subcaracterística de la usabilidad: *facilidad de uso*.

Finalmente se pretende evaluar repetidas veces los patrones de interacción generados y/o adaptados a través de un caso de estudio, utilizando un prototipo funcional de un videojuego soportado en Smartphones.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software (IDIS) de la Universidad del Cauca – Colombia, y por el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software (LIDIS) de la Universidad de San Buenaventura Cali – Colombia.

7. REFERENCIAS

- [1] González Sánchez J. L., N. P. Z., Gutiérrez F. L., M. J. Cabrera.2007.De la Usabilidad a la Jugabilidad: Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador.Granada, España.
- [2] Juul, J. and Norton, M.2009.Easy to use and incredibly difficult: on the mythical border between interface and gameplay.*Proceedings of the 4th international conference on foundations of digital Games*.107-112.
- [3] Pozuelo Fernández, G. E. and Álvarez Obeso, F. J.2012.*Juegos accesibles para ciegos en plataformas móviles*.Thesis.Universidad Complutense de Madrid
- [4] García Peñalvo, F. J.1998.Patrones. De Alexander a la Tecnología de Objetos.*Revista Profesional para Programadores (RPP)*.
- [5] Tidwell, J.1997.A pattern language for human-computer interface design.*Available via DIALOG*.
- [6] IBRAHIM, A.2012.*Development Methodology Of Educational Video Game Based On Player-Centered Design*.Thesis.Computer Sciences and Telecommunications Engineering.Universidad de Granada
- [7] Korhonen, H. and Koivisto, E. M. I.2006.Playability heuristics for mobile games.*Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*.2-8.
- [8] ISO.ed,1998. "International Standard ISO/IEC 9126" in Information Technology - Software product quality - Part 1: Quality model.
- [9] ISO, I. S. Q. S., ISO/IEC 25010".2011.Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models.
- [10] González Sánchez, J. L.2012.*Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*.Thesis.Universidad de Granada
- [11] Tidwell, J.2009.*Designing interfaces, Patterns for Effective Interaction Design* O'Reilly,Canada.
- [12] ISO.ed,1998. "International Standard ISO/IEC 9241" in *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals*.
- [13] Bjork, S. and Holopainen, J.2006.Games and design patterns.Cambridge, MA: MIT Press.410-437
- [14] Fingersoft.2014.Hill Climb Racing.April 2014.Retrieved April 13, 2014 from https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fingersoft.hillclimb&hl=es_419

Conceptual Model for Automatic Generation of Context-Sensitive User-Tailored Interfaces

Raúl Miñón

School of Informatics, University of
the Basque Country/EHU
Manuel Lardizabal 1, 20018
Donostia, Spain
+34 943015113
raul.minon@ehu.es

Myriam Arrue

School of Informatics, University of
the Basque Country/EHU
Manuel Lardizabal 1, 20018
Donostia, Spain
+34 943015160
myriam.arrue@ehu.es

Julio Abascal

School of Informatics, University of
the Basque Country/EHU
Manuel Lardizabal 1, 20018
Donostia, Spain
+34 943018067
julio.abascal@ehu.es

Abstract

Ubiquitously available services can be inaccessible to people with physical, sensory or cognitive restrictions. These users require interfaces tailored to their characteristics and needs. In addition, their interaction context should also be considered. The automatic generation of accessible user interfaces deals with all these issues. The aim of this paper is to present a conceptual model for the automatic generation of tailored user interfaces in the context of ubiquitous applications. The model describes the components and the transformations required for providing accessible user-tailored interfaces. It has been successfully applied in several practical approaches, resulting in a coherent and compatible design of each phase of the process.

Categories and Subject Descriptors

D.2.2 [Design Tools and Techniques]: User Interfaces. H.1.2 [User/Machine Systems]: Human Factors. H.5.2 [User Interfaces]: Theory and Methods.

General Terms

Design, Human Factors, Theory.

Keywords

Conceptual Model, Automatic Generation of User Interfaces, Accessibility, Interfaces for Ubiquitous Environments.

1. INTRODUCTION

The widespread use of mobile devices means that many services requiring manual operation can also be provided through ubiquitous computing. Activities such as buying tickets, using elevators or operating ATMs, can be used through mobile devices tailored to the user's needs.

People with physical, sensory or cognitive restrictions (due to disability or the context of use) may encounter barriers to access these services. Consequently, the generic interfaces provided by ubiquitous services (usually inaccessible) must be transformed

into accessible user interfaces. An alternative is to generate *ad hoc* new accessible user interfaces for each interaction. This seems to be a valid option because these types of services generally have limited functionality and are used sporadically. This process requires information about the characteristics of the users, their context of use (including the device used), the features of the ubiquitous service, etc.

Therefore, the automatic generation of accessible user interfaces for ubiquitous services is a complex process. Hence, its structuring and planning requires a degree of formalization. This work aims to present the top layer of the formal description of the process. It has been successfully applied in several practical approaches [1, 8].

2. MODEL FOR AUTOMATIC GENERATION OF USER INTERFACES IN UBIQUITOUS ENVIRONMENTS

In order to be operated conveniently, most ubiquitous services provide generic user interfaces. However, according to Gajos et al. (2012) [3] these do not fit with the diversity of physical, sensory and cognitive capabilities of the users. Thus, it is necessary to generate user interfaces tailored to the specific characteristics of each person, also considering the context in which they interact with the service.

2.1 Abstraction Levels of the Framework

The framework presented is organized in levels of decreasing abstraction, starting from a conceptual model and arriving to the application layer, as shown in Figure 1.

The topmost level is the conceptual model developed considering the elements required to address the problem of automatically generating user-tailored and context-sensitive interfaces. It can be seen as divided into two sublevels: definitions and instances. The definitions sublevel specifies abstractly the components that make up the model. Meanwhile, the instances sublevel specifies the different instances that can be generated from each component of the definitions sublevel.

The specification model establishes the elements required for applications development. The way this concretion is achieved is determined by design decisions associated with the framework that has been adopted to develop the application. For instance, the concept model takes on specific characteristics when is instantiated in a framework such as the INREDIS project [5] or the Cameleon Reference Framework [2]. The specification model

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ... \$15.00.

is also formalized by means of UML diagrams in order to clearly establish the relationships among its elements.

The most concrete level is the implementation. It contains the application code, which is generated applying the constraints imposed by the development framework adopted, the available technologies, etc.

In this paper, only the components of the conceptual model are discussed. The rest of the levels are beyond the scope of this paper.

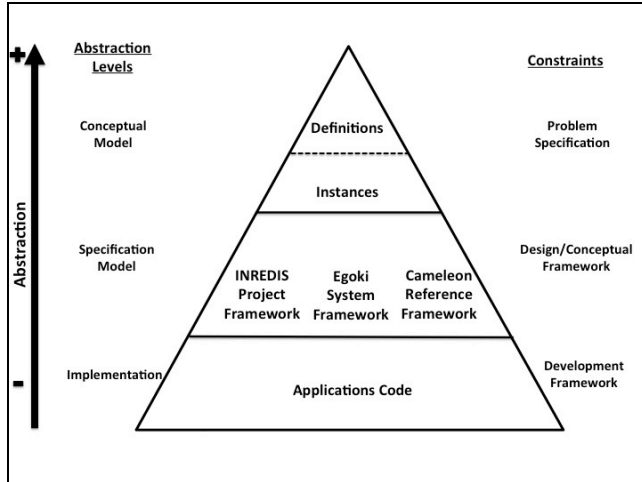


Figure 1. Levels of the reference framework

3. MECHANISMS FOR THE DESCRIPTION OF THE MODEL

3.1 Definitions

The components that describe all the necessary elements and the necessary interface builders are defined in the definitions sublevel.

3.1.1 Components

```
User_Interface (parameters) « transformation
(Transformation_Parameters) User_Interface
(parameters)
```

where *Transformation_Parameters* are the data structures needed.

User Interface

The *User Interface* generic component is the set of devices and programs that enable permitted actions to be performed. Therefore, it allows the user to communicate with the system through the exchange of commands and information.

User_Interface parameters:

- *Interaction Devices*: Input and output devices that allow the exchange of information and commands.
- *Programs*: pieces of code that control the interaction devices and generate and interpret the flow of information and commands.
- *Procedures*: set of operations to be performed in order to achieve a specific result. They are based on "mental models" of the user and the system. (That is, how each interprets the task, its components and the flow of information required to achieve it).

Thus, we can define *User_Interface* as the generic component:

```
User_Interface (Interaction_Devices,
Programs, Procedures)
```

Transformations

The modifications made to a user interface, which entail transforming an abstract component into a more concrete component, are conducted through transformations such as:

```
New_User_Interface_Instance
(Specific_Parameters) « Transformation
(Transformation_Parameters) User_Interface
(parameters)
```

where *Transformation* represents the name of a specific transformation and *Transformation_Parameters* are data structures.

Data Structures

Information about the user, interaction context, available interaction elements, possible adaptations, etc., is required in the interface generation process. All this information is stored in instances of the generic *Data_Structure* component.

```
Data_Structure (parameters)
```

3.1.2 Instances

The components previously defined are instantiated in this sublevel. Thus, each component can be specified in different ways to achieve the established objective.

3.2 User Interface Instances

The automatic generation of accessible and context-sensitive user interfaces is modelled as a process of successive transformations. Each transformation converts an abstract instance of a *User_Interface* into a more concrete instance. The initial specification is a formal description of the user interface called *Abstract_User_Interface*. The target instance is the *Final_User_Interface*, which manages the interaction of a specific user in a specific context.

3.2.1 Abstract User Interface

Every ubiquitous service is associated with a formal specification of the user interface, called *Abstract_User_Interface*, with the following characteristics:

- It describes all elements of the interaction, including the procedures. In this way, it specifies the functionality of the service.
- It is independent of the user and context, but not of the task, which is modelled by means of the procedures.
- It is generic. In order to enable the interaction it is necessary to set up some elements. Factors concerning the user and context can be parameterized and instantiated in later steps.

It has the structure of the *User_Interface* generic component:

```
Abstract_User_Interface
(Interaction_Devices, Programs, Procedures)
```

3.2.2 Final User Interface

This is an instance of the user interface in which the elements necessary to interact with each user are established.

```
Final_User_Interface [Interaction_Devices
(U), Programs (U), Procedures (U)]
```

Where:

- *U* is a specific user.

- *Interaction_Devices (U)* represents a specific set of interaction devices that are valid for the user U.
- *Programs (U)* represents the set of programs that manage and interpret the interaction of the user U.
- *Procedures (U)* is the set of procedures that must be performed by the user U to achieve the desired task.

For instance, the final user interface of a railway ticketing service for a user without restrictions would be:

- *Interaction_Devices*: screen, keyboard and pointing device.
- *Programs*: Drivers and communication programs.
- *Procedures*:
 - o *User*: ask for a ticket to the destination station X; ask for the price; make the payment; pick up the ticket; pick up the change; pick up the receipt.
 - o *Machine*: identify the target station X; calculate the ticket price; confirm the purchase; verify payment; print the ticket; give change (if applicable); print the receipt (if requested).

3.3 Instances of Data Structures

3.3.1 User Model

According to Kobsa (2007) [6], user models are data structures that contain information about the observable parameters that characterize each user and that are relevant to the task they want to perform.

User_Model (user)

Some implementations also enable the generation of new information, based on the user interaction data held.

3.3.2 Context Model

This data structure contains information about the observable parameters characterizing the context in which the user intends to perform the task. It can include both technological information (types of devices and programs that the user can use) and non-technological information (language, characteristics of the environment, etc.). [4].

Context_Model (user)

3.3.3 Repository of Multimedia Resources

The possibility of adapting user interfaces for people with diverse physical, sensory and cognitive characteristics depends on the quality, quantity and variety of the multimedia resources available to support each interaction element. Therefore, alternative media resources must be associated with each interaction element of an abstract user interface.

The available alternative media resources for an interaction element are specified through the repository of multimedia resources (containing abstract resources). To this end, the data structure *Repository_of_Multimedia_Resources* is defined:

Repository_of_Multimedia_Resources
(Abstract_Resource)

The set of resources provided in order to transmit the same message through alternative media types is called the *Abstract_Resource* (although not all types of alternatives always exist for a particular interaction element). In the current version, textual and iconic resources, signed videos, voice and captions are used. Accordingly, we define the *Abstract_Resource* as the tuple:

Abstract_Resource = (Textual_Resource,
Iconic_Resource, Signed_Video_Resource,
Voice_Resource, Subtitled_Resource)

Thus, we can define a transformation that assigns the appropriate media resource for a specific user. This process will obtain a specific user interface instance, which contains the appropriate multimedia resources for a given user.

3.3.4 Adaptation Repository

The adaptation repository is a data structure that contains the description of the changes required to the interface for specific user characteristics in particular contexts of use. These changes are specified as adaptation rules.

The programs in the User_Interface are composed of three types of components: presentation components, content components and behaviour components.

Programs (Presentation_Components,
Content_Components, Behaviour_Components)

where:

- *Presentation_Components* is the set of elements that define how interaction resources are displayed in the user interface.
- *Content_Components* is the set of interaction elements presented in the user interface.
- *Behaviour_Components* defines the way in which the interface elements are associated with the procedures.

In this way, an *Adaptation_Rule* is defined as the tuple:

Adaptation_Rule =
(Presentation_Adaptation_Rule,
Content_Adaptation_Rule,
Behaviour_Adaptation_Rule)

and the *Adaptation_Repository* is defined as the data structure:

Adaptation_Repository (Adaptation_Rule)

As discussed below, the adaptations related to the user interface can be modelled as transformations.

3.3.5 Instances of Transformation: Automatic Generation of the Accessible User Interface

The transformation component can be instantiated for specific contexts. The inputs to instantiation process are the user model and the context model, the repository of multimedia resources and the adaptation repository, and the abstract user interface. It generates a final user interface that satisfies the needs -and is tailored to the characteristics- of a given user U, in his/her context (Figure 2).

Consequently, through the transformation *T_Automatic_Generation_of_the_Accessible_User_Interface*, a *Final_User_Interface* is generated that is tailored to the needs of a specific user U in his/her context.

Final_User_Interface [Interaction_Devices
(U), Programs (U), Procedures (U)] «
**T_Automatic_Generation_of_the_Accessible_Us
er_Interface** [User_Model (U), Context_Model
(U), Adaptation_Repository
(Adaptation_Rule),
Repository_of_Multimedia_Resources
(Abstract_Resource)] Abstract_User_Interface
(Interaction_Devices, Programs, Procedures)

Depending on the implementation performed, the generic transformation *Automatic_Generation_of_the_Accessible_User_*

Interface can be composed of simpler transformations.

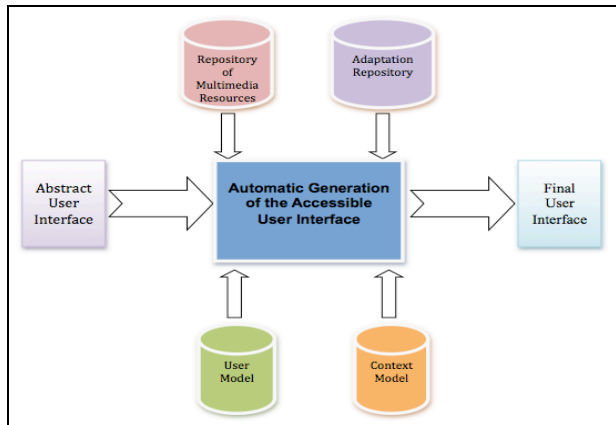


Figure 2. Graphical Representation of the “Automatic Generation of the Accessible User Interface” Transformation

3.3.6 Adaptation Transformation

One of the most important transformations to create accessible user interfaces is the *Adaptation Transformation*. It can be applied to any instance of the *User Interface*. To this end, the rules contained in the adaptation repository are applied taking into account the user model, the context model, the adaptation repository and the available multimedia resources. Specifically, when a user interface is instantiated for given user U , one of the alternatives for each generic interaction resource is selected from the repository of multimedia resources.

This transformation requires a specific condition C to be fulfilled in the user model or in the context model.

```
Tailored_User_Interface (U) «
T_Adaptation_Condition_C [User_Model (U),
Context_Model (U), Adaptation_Repository
(Adaptation_Rule),
Repository_of_Multimedia_Resources
(Abstract_Resource)] User_Interface (U)
```

where *Condition* is a Boolean condition. For instance, if the user is blind, the condition

$$\text{Condition}_C = \text{Blind} (U)$$

evaluates to true and triggers all the adaptation transformations that are dependent on this condition.

The *Adaptation Transformation* can be triggered during the user’s interaction with the service. In this case, the conditions are events generated by changes in the context or in the user model, making the interface able to dynamically adapt.

4. CONCLUSION

The formalization presented in this paper has guided several developments for the automatic generation of accessible user interfaces for ubiquitous services, as well as some auxiliary tools for building the data repositories needed [1, 7, 8].

This experience has demonstrated that the specification of the conceptual model (independent of the implementation) facilitates

the mutual understanding among the development team members, helps the implementation of coherent and compatible systems and improves the modularity and reusability of the interaction software developed.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been performed within the ModelAccess project (TIN2010-15549) funded by the Ministry of Science and Innovation (MICINN). *Egokituz* belongs to a research consolidated group of the Department of Education, Universities and Research of the Basque Government (IT395-10). Raul Miñón holds a Ph.D. scholarship granted by the same department.

6. REFERENCES

- [1] Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., Gamecho, B., Garay-Vitoria, N., and Miñón, R. 2011. Automatically Generating Tailored Accessible User Interfaces for Ubiquitous Services. In *Proceedings of the 13th Int. ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (Dundee, UK, October 24-26, 2011). ASSETS '11. ACM, New York, NY, 187-194. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/2049536.2049570>
- [2] Calvary, G., Coutaz, J., Bouillon, L., Florins, M., Limbourg, Q., Marucci, L., Paternò, F., Santoro, C., Souchon, N., Thevenin, D., and Vanderdonckt, J. 2002. The CAMELEON reference framework. *Deliverable 1.1, CAMELEON Project*. URL= http://www.w3.org/2005/Incubator/model-based-ui/wiki/Cameleon_reference_framework
- [3] Gajos, K.Z., Hurst, A., and Findlater, L. 2012. Personalized dynamic accessibility. *Interactions*, 19, 2, 69-73. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/2090150.2090167>
- [4] Göker, A., and Myrhaug, H.I. 2002. User context and personalisation. In *the 6th. European Conference On Case Based Reasoning*, (Aberdeen, UK, September 04-07, 2002), 1-7.
- [5] INREDIS Project. URL= <http://www.inredis.es>
- [6] Kobsa, A. 2007. Generic User Modeling Systems. In *Brusilovsky, P., Kobsa, A., and Nejdl, W. (eds.): The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization*. Berlin, Springer Verlag, 136-154. DOI= http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_4
- [7] Miñón, R., Moreno, L., Martínez, P., and Abascal, J. 2014. An approach to the integration of accessibility requirements into a user interface development method. *Science of Computer Programming* 86, 58-73. DOI= <http://dx.doi.org/10.1016/j.scico.2013.04.005>
- [8] Miñón, R., Paternò, F., and Arrue, M. 2013. An environment for designing and sharing adaptation rules for accessible applications. In *Proceedings. of the 5th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*, (London, UK, June 24-27, 2013). EICS '13. ACM, New York, NY, 43-48. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/2494603.2480323>

Modelo de Facilitación del Proceso incluyendo elementos de la notación HAMSTERS

Andrés Solano
Universidad del Cauca
Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.
(57)+2+8209800, ext. 2133
afsolano@unicauca.edu.co

César A. Collazos
Universidad del Cauca
Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.
(57)+2+8209800, ext. 2133
ccollazo@unicauca.edu.co

Toni Granollers
Universidad de Lleida
C/de Jaume II, 69 Campus Cappont.
(+0034) 973 702 750
antoni.granollers@udl.cat

Cristian Rusu
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Av. Brasil No. 2241.
(56)+32+2274096
cristian.rusu@ucv.cl

RESUMEN

Existe un gran número y variedad de procesos para alcanzar un determinado objetivo, sin embargo, una buena cantidad de ellos han sido concebidos para ser llevados a cabo en ambientes de trabajo individual. Por tal razón, desde el ámbito de la Ingeniería de la Colaboración surge la *Metodología para el Desarrollo de Procesos Colaborativos*, mediante la cual se obtiene la especificación colaborativa de un proceso determinado. Dicha metodología provee el *Modelo de Facilitación del Proceso (MFP)* para representar el flujo de los procesos colaborativos, el cual ha sido complementado a partir de una serie de elementos que ofrece la notación HAMSTERS (*Human-centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems*), con el fin de contribuir principalmente a la comprensión, entendimiento y uso futuro del mismo. Así, este artículo presenta una evaluación preliminar de los elementos incluidos al MFP mediante un caso de estudio en el que se compara un MFP tradicional con uno que incluye elementos de HAMSTERS.

Categorías y Descriptores Temáticos

H.1.2 [Modelos y Principios]: Sistemas Usuario/Maquina – factores humanos.

Términos generales

Factores Humanos.

Palabras claves

Trabajo colaborativo, metodología para el desarrollo de procesos colaborativos, modelo de facilitación de proceso, HAMSTERS.

1. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, actualmente la tendencia cada vez más común es la de trabajar colaborativamente entre personas para alcanzar un objetivo común. El trabajo se organiza en equipos y cada

integrante interactúa con el resto del grupo para obtener una mejor productividad [1]. Al integrar aspectos de trabajo colaborativo a un proceso determinado, el objetivo no es sólo la mejora de la comunicación, sino también lograr mayor participación, compromiso, entre los integrantes de un grupo que trabajan en torno a una actividad común, lo que conlleva a una mejor calidad del producto elaborado [2].

La *Metodología para el Desarrollo de Procesos Colaborativos (MDPC)* [3] ha sido utilizada para obtener la especificación colaborativa de un conjunto de procesos. En dicha especificación son definidos procesos colaborativos (en los que participan varias personas de diversas áreas de conocimiento, las cuales pueden estar distribuidas geográficamente), los roles de los miembros del grupo, el proceso de comunicación, entregables a generar, entre otra información. Además, la MDPC provee un *Modelo de Facilitación del Proceso (MFP)* [3] para representar el flujo del proceso y elementos de las actividades colaborativas.

Si nos centramos en el MFP, este presenta una serie de carencias las cuales han sido identificadas a partir de trabajos experimentales relacionados como [4]. En ese sentido, pensamos que dichas carencias, en gran parte, pueden minimizarse enriqueciendo la representación gráfica del MFP. Es por esto que en [5] se ha propuesto una notación formal para el modelado de procesos colaborativos extendiendo la notación HAMSTERS (*Human-centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems*) [6], de tal manera que sea posible representar en un MFP elementos que contribuyan a la comprensión, entendimiento y uso futuro del mismo. Así, este artículo presenta una evaluación preliminar de los elementos incluidos en la representación gráfica del MFP, mediante un caso de estudio que compara un MFP tradicional versus uno que incluye elementos de HAMSTERS.

La sección 2 presenta los conceptos teóricos básicos relacionados con la temática del artículo. La sección 3 describe las carencias identificadas en el MFP. Los elementos de la notación formal propuesta para el modelado de procesos colaborativos son descritos en la sección 4. La sección 5 presenta el caso de estudio y el análisis de los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 6 presenta algunas conclusiones y trabajos futuros.

2. REFERENTES TEÓRICOS

2.1 Metodología para el Desarrollo de Procesos Colaborativos – MDPC

La MDPC [3] permite obtener la especificación colaborativa de un proceso, ésta consta de las siguientes fases: Diagnóstico de la tarea, Evaluación de la actividad, Descomposición de la actividad, Relación de *thinklets*, Documentación de diseño (en la que es utilizado el MFP) y Validación del diseño. La MDPC permite generar y estructurar procesos colaborativos a partir de la identificación de tareas/actividades recurrentes y/o destacadas. De esta manera, las actividades especificadas de forma colaborativa promueven la comunicación, la coordinación y la negociación, con el fin de aumentar la productividad durante su realización [3].

2.2 HAMSTERS

HAMSTERS [6] es una notación para el modelado de tareas propuesta por investigadores de la Universidad Paul Sabatier (Francia). Ha sido inspirada en notaciones existentes, especialmente en la notación CTT (*Concur Task Trees*) [7], y ha sido diseñada para mantener compatibilidad con CTT, puesto que los modelos son jerárquicos y representados gráficamente mediante operadores entre tareas [6]. En [6] se presentan los tipos de tareas y la representación de entradas y/o salidas de información definida en HAMSTERS. Como en CTT [7], cada tarea particular del modelo puede ser opcional, iterativa o ambos. En la notación se utilizan además, una serie de operadores para facilitar la descripción de las relaciones temporales existentes entre las tareas. Adoptando la notación CTT, en [7] se presentan los operadores temporales que utiliza HAMSTERS.

3. CARENCIAS DEL MFP

Teniendo en cuenta que el MFP presenta el flujo del proceso colaborativo diseñado y los elementos: identificador, *Thinklet* [3], *patrón de colaboración* [3] y nombre de las actividades (en un rectángulo dividido en 4 campos); en [5] se han identificado una serie de carencias que pueden mejorarse con el propósito de enriquecer la representación gráfica del modelo, esas son: (i) Representación secuencial del flujo del proceso. Con los elementos que ofrece un MFP no es posible representar actividades realizadas de forma independiente, concurrente, iterativa, opcional, con paso de información, entre otras. (ii) Dificultad para identificar jerarquías de actividades. (iii) Ausencia de elementos que indican la entrada (recursos necesarios) y/o salida (entregables a generar) de información. (iv) No es posible identificar los participantes que realizan las actividades. (v) Falta de información acerca de las actividades colaborativas.

3.1.1 Cómo solucionar las carencias

Un MFP consiste básicamente en la representación de un conjunto de actividades o tareas para alcanzar un objetivo, las cuales deben realizarse de acuerdo al protocolo concreto establecido. Con base en lo anterior, al observar un MFP es posible notar la relación existente con las notaciones utilizadas en el campo del Análisis de Tareas (TA, por sus siglas en inglés *Task Analysis*) [8].

Así, fueron analizadas las siguientes notaciones existentes para el modelado de tareas: CTT [7], HTA (*Hierarchical Task Analysis*) [8] y HAMSTERS [6]. Estas notaciones permiten modelar las tareas que un usuario puede llevar a cabo en un sistema interactivo, cada una de las cuales ofrece un conjunto particular de elementos y es especialmente útil para un tipo específico de

sistema. El análisis de dichas notaciones (disponible en [5]) fue realizado con el objetivo de identificar la notación que ofreciera el conjunto de elementos más apropiados para complementar la representación gráfica de la información en el MFP. Con base en dicho análisis el MFP ha sido complementado a partir de una serie de elementos que ofrece la notación HAMSTERS, tales como: (i) permite mostrar gráficamente las relaciones (conurrencia, iteración, entre otras) existentes entre las actividades para alcanzar un objetivo; (ii) notación fácil de usar y aplicable para representar actividades en diferentes sistemas software interactivos; (iii) genera una representación gráfica en forma de árbol permitiendo una descomposición jerárquica de las actividades; (iv) permite representar actividades colaborativas/cooperativas.

Adicionalmente, a diferencia de CCT, HAMSTERS incluye extensiones, tales como: actividades interactivas con representación de entrada y/o salida de información y precondiciones para la ejecución de ciertas actividades. Sin embargo, la notación HAMSTERS todavía debe ser complementada, de tal forma que pueda ser posible representar información detallada sobre las actividades colaborativas y los participantes/roles que realizan dichas actividades.

4. MFP + HAMSTERS

Con base en la información antes presentada (ver sección 3), todos los elementos de HAMSTERS (tipos y propiedades de tareas, relaciones entre tareas, entrada/salida de información) han sido considerados para complementar la representación gráfica del MFP. Los elementos incluidos al MFP se presentan en [5], algunos de ellos son:

- **Representación de una actividad.** La imagen que representa una tarea/actividad (en HAMSTERS) fue reemplazada por el rectángulo (dividido en 4 secciones) utilizado en el MFP tradicionalmente definido. En la actividad se indican los participantes y si existe entrada y/o salida de información.
- **Identificación de los participantes en las actividades.** En la esquina inferior derecha del rectángulo (que representa la actividad) son indicados los participantes de la actividad.
- **Relaciones entre tareas/actividades y entrada/salida de información.** Mediante el uso de elementos de HAMSTERS es posible representar diferentes tipos de relaciones entre actividades (no sólo representaciones secuenciales) y si existen entradas/salidas de información.
- **Actividades/tareas colaborativas detalladas.** La notación fue extendida mediante las siguientes actividades/tareas que complementan la información relacionada a las actividades colaborativas: compartir información, actividad cognitiva colaborativa (análisis o toma de decisión), entrada colaborativa de datos al sistema.

5. CASO DE ESTUDIO

Con el propósito de evaluar si los elementos de HAMSTERS incluidos al MFP son apropiados y satisfacen las carencias identificadas (ver sección 3), fue realizado el caso de estudio que se presenta a continuación.

5.1 Diseño del caso de estudio

Considerando los elementos incluidos al MFP a partir de la notación HAMSTERS, fue realizado un caso de estudio mediante el cual se obtuvo información acerca de un MFP tradicional vs. uno que incluye elementos de HAMSTERS, esto con el fin de

realizar algunas comparaciones basadas en una serie de características descritas más adelante.

Para obtener información acerca de los MFP, se realizó una encuesta a un grupo de 11 expertos con el siguiente perfil: experiencia y conocimiento en el área de Ingeniería de Colaboración y experiencia en la ejecución de por lo menos un método de evaluación de usabilidad. La encuesta fue planteada con el objetivo de determinar si los elementos de HAMSTERS incluidos en el MFP son apropiados y fáciles de comprender, teniendo en cuenta las consideraciones de personas que trabajan en áreas de investigación relacionadas.

La encuesta fue elaborada utilizando el sistema SUS (*System Usability Scale*) [9], de tal manera que cada pregunta tiene 5 opciones de respuesta. El significado de las opciones indica que la nota mínima (1) corresponde a una evaluación que reprueba o califica de mala manera la característica que se está evaluando, mientras que la nota máxima (5) corresponde a una aprobación o que la característica está siendo calificada positivamente.

Las características sobre las cuales se obtuvo información de los MFP presentados en la encuesta, son:

- **Completitud (C):** se refiere a si el MFP provee la información necesaria para llevar a cabo el proceso colaborativo especificado.
- **Expresividad/Representatividad (E/R):** se refiere a si la información presentada gráficamente en el MFP es lo suficientemente explícita para su comprensión.
- **Facilidad de usar (FU):** se refiere a la rapidez con que el MFP puede ser utilizado para llevar a cabo el proceso especificado de forma colaborativa sin mayores problemas.
- **Facilidad de entender (FE):** refleja la rapidez con que se entiende la información del MFP y pueda ser llevado a cabo el proceso colaborativo especificado.
- **Cantidad de información por actividad (CI):** se refiere a si la cantidad de información presentada por actividad es suficiente para representar los aspectos primordiales de cada una de ellas.

Así, a cada participante se le solicitó valorar dichas características en una escala de 1 a 5 respecto a un MFP tradicional y uno que incluye elementos de HAMSTERS. Los MFP objeto de estudio corresponden al método de evaluación de usabilidad: *evaluación heurística*. Las valoraciones de los participantes fueron el insumo para el análisis de resultados que se presenta más adelante.

5.2 Resultados obtenidos

Una vez los participantes diligenciaron la encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los MFP.

MFP TRADICIONAL

Descripción: En este MFP se representa cada actividad como un rectángulo que se divide en cinco zonas o campos: (i) En la parte superior izquierda se indica el número de secuencia. (ii) La zona central y de mayor tamaño contiene el nombre descriptivo de la actividad. (iii) El rectángulo de la izquierda presenta el nombre del *patrón de colaboración* asociado a la actividad. (iv) El nombre del *thinklet* se ubica en el campo superior y (v) en la esquina superior derecha se ubica el tiempo (en minutos) estimado para realizar la actividad. Las flechas indican la dirección del desarrollo del proceso. Los resultados obtenidos para este MFP,

según las valoraciones de cada una de las características, son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos para el MFP tradicional.

Participante	Características				
	C	E/R	FU	FE	CI
1	2	2	3	3	3
2	4	3	3	3	4
3	4	2	3	4	3
4	4	5	5	5	3
5	4	4	2	2	2
6	4	3	3	4	3
7	4	5	4	5	3
8	4	4	5	5	4
9	5	5	4	5	5
10	2	2	4	4	4
11	4	4	3	5	4
Promedio	3,72	3,54	3,54	4,09	3,45
σ	0,90	1,21	0,93	1,04	0,82

MFP QUE INCLUYE ELEMENTOS DE HAMSTERS

Descripción: En este MFP se representa cada actividad como un rectángulo que se divide en cinco zonas o campos: (i) En la parte superior izquierda se indica el número de secuencia. (ii) La zona central y de mayor tamaño contiene el nombre descriptivo de la actividad. (iii) El rectángulo de la izquierda presenta el nombre del *patrón de colaboración* asociado a la actividad. (iv) El nombre del *thinklet* se ubica en el campo superior y (v) en la esquina inferior derecha se indican los participantes de la actividad. Las flechas indican la dirección del desarrollo del proceso. Este MFP presenta información sobre entradas/salidas de las actividades, tipos de relaciones entre actividades (independientes, concurrentes, entre otras) mediante operadores de la notación CTT y actividades colaborativas detalladas. Los resultados obtenidos para este MFP, según las valoraciones de cada una de las características, son presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos para el MFP que incluye elementos de HAMSTERS.

Participante	Características				
	C	E/R	FU	FE	CI
1	4	4	4	4	5
2	4	3	3	3	4
3	5	5	4	4	5
4	3	4	5	5	4
5	4	4	4	3	4
6	4	3	2	2	2
7	5	5	4	5	5
8	4	5	5	5	5
9	5	4	5	5	5
10	5	5	5	5	5
11	4	4	4	5	5
Promedio	4,27	4,18	4,09	4,18	4,45
σ	0,64	0,75	0,94	1,07	0,93

5.3 Análisis de resultados

Una vez recopilados y procesados los resultados de las encuestas (incluyendo promedios y desviación estándar), fue posible realizar algunas comparaciones entre el MFP tradicional y el que incluye elementos de HAMSTERS, como se presenta a continuación.

En cuanto a la interpretación de los resultados presentados en la Tabla 1, la calificación promedio más alta corresponde a la característica *FE*, mientras que la más baja corresponde a la *CI*. Esto sugiere que la simplicidad del MFP tradicional contribuye a que las personas entiendan rápidamente la información presentada en el modelo. Sin embargo, la misma simplicidad del modelo afecta su representatividad, debido a que la cantidad de información presentada no es suficiente para visualizar aspectos primordiales de las actividades.

De igual forma, con base en los resultados de la Tabla 2, la calificación promedio más alta corresponde a la característica *CI*, mientras que la más baja corresponde a la *FU*. Lo anterior indica que los elementos de HAMSTERS adicionados a las actividades (como son: participantes, indicadores de entrada y/o salida de información y actividades colaborativas detalladas) contribuyen a la representación de información primordial que requiere una persona encargada de llevar a cabo un proceso colaborativo. Por otro lado, el bajo promedio en la calificación de la *FU* se pudo haber presentado porque los tipos de relaciones entre actividades no se indican explícitamente (solamente es indicado el símbolo según la notación CTT). Con lo cual, si la persona encargada de ejecutar el proceso colaborativo no conoce los tipos de relación entre actividades (definidos en CTT), demorará más tiempo en aprender a utilizar el MFP. Con base en lo anterior, si en el modelo se representara el símbolo y significado del mismo, lo esperado sería que aumente la rapidez con que el MFP puede ser utilizado para llevar a cabo el proceso especificado de forma colaborativa sin mayores inconvenientes.

En las Tablas 1 y 2 se destacan los valores de desviación estándar más altos (mayores que 1), indicando que las opiniones de los participantes han sido dispersas, teniendo distintos puntos de vista sobre la misma característica. Respecto al MFP tradicional las características en las cuales se presentó una mayor desviación estándar son: *E/R* y *FE*, mientras que en el MFP que incluye elementos de HAMSTERS sólo una característica presentó un valor mayor a 1, la *FE*. La *E/R*, en el caso del MFP que incluye elementos de HAMSTERS, mejoró la calificación promedio obtenida, además hubo mayor consenso entre los expertos pues la desviación estándar es menor a 1. Adicionalmente, los resultados de las tablas dejan entrever que en los dos MFP evaluados la *FE* es una característica en la cual no se alcanzó un consenso entre los participantes que diligenciaron la encuesta, por lo cual la mejora de este aspecto se considera como trabajo futuro a realizar.

En general, el promedio de calificaciones para las cinco características evaluadas en el MFP que incluye elementos de HAMSTERS es más alto respecto a las calificaciones obtenidas en el MFP tradicional. Esto indica que la inclusión de elementos de la notación HAMSTERS a un MFP permite obtener una serie de beneficios que contribuyen al momento de diseñar y/o ejecutar un proceso colaborativo determinado. En [5] son presentados los principales beneficios de la notación extendida.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Dado que en el MFP han sido identificadas una serie de carencias relacionadas a la representación de información, la propuesta de notación formal para el modelado de procesos colaborativos extendiendo la notación HAMSTERS, resulta apropiada para enriquecer la representación gráfica del MFP. Considerando los resultados obtenidos en el caso de estudio, mediante las extensiones realizadas a la notación se contribuye a la

comprensión, entendimiento y uso del modelo. Por otro lado, la notación extendida es aplicable para representar actividades de diversos procesos relacionados a diferentes sistemas software interactivos y facilita el trabajo de aquellos practicantes de la Ingeniería de Colaboración que requieran una herramienta para modelar procesos colaborativos. Sin embargo, conviene realizar una mayor experimentación y refinado de la notación extendida con el fin de ofrecer una herramienta confiable a los diseñadores de procesos colaborativos.

Las principales actividades futuras consisten en realizar otros casos de estudio para evaluar la notación extendida, y así obtener mayor realimentación acerca del uso de la misma. Por otro lado, resulta conveniente desarrollar una herramienta software que brinde soporte al modelado y ejecución de las actividades (colaborativas y no colaborativas) que conforman un proceso determinado.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto UsabiliTV: "Framework para la evaluación de la usabilidad de aplicaciones en entornos de Televisión Digital Interactiva" (COLCIENCIAS, código 110352128462) por el Programa Nacional para Estudios de Doctorado en Colombia Año 2011 (COLCIENCIAS) y por el proyecto de investigación "InDAGuS: Infrastructures for Sustainable Open Government Data with Geospatial Features" (TIN2012-37826-C02).

8. REFERENCIAS

- [1] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, G. Rein, "Groupware: some issues and experiences," *Communications of the ACM*, vol. 34, pp. 39-58, 1991.
- [2] A. Følstad, E. Law, K. Hornbæk, "Analysis in practical usability evaluation: a survey study," in *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, 2012, pp. 2127-2136.
- [3] G. Kolfshoten, G.-J. D. Vreede, "The Collaboration Engineering Approach for Designing Collaboration Processes," in *International Conference on Groupware: Design, Implementation and Use*, 2007, pp. 38-54.
- [4] G. L. Kolfshoten, G.-J. De Vreede, "A design approach for collaboration processes: a multimethod design science study in collaboration engineering," *Journal of Management Information Systems*, vol. 26, pp. 225-256, 2009.
- [5] A. Solano, T. Granollers, C. Collazos, C. Rusu, "Proposing formal notation for modeling collaborative processes extending HAMSTERS notation," in *World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST'14)*, Madeira, Portugal, 2014.
- [6] C. Martinie, P. Palanque, M. Winckler, "Structuring and composition mechanisms to address scalability issues in task models," in *Human-Computer Interaction-INTERACT 2011*, ed: Springer, 2011, pp. 589-609.
- [7] F. Paternò, C. Mancini, S. Meniconi, "ConcurTaskTrees: A diagrammatic notation for specifying task models," in *Human-Computer Interaction INTERACT'97*, 1997, pp. 362-369.
- [8] N. Stanton, *The handbook of task analysis for human-computer interaction*: Routledge, 2004.
- [9] T. Tullis, B. Albert, *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*, Second ed.: Morgan Kaufmann, 2013.

Enhancing Privacy Awareness through Interaction Design

Sandra R. Murillo

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla 72410, México
sandrarocio.murillo@upaep.mx

J. Alfredo Sánchez

Interactive and Cooperative Technologies Lab
Universidad de las Américas Puebla
alfredo.sanchez@udlap.mx

ABSTRACT

A wide range of tools can be used for endowing applications with functionality related to user privacy according to customer's requirements and developer's experience. This implies a high investment of resources because it requires team skills in legal areas, computer security, graphic design and cognitive ergonomics. Despite this situation, there are no specific software tools that allow developers to build effective privacy management applications that consider three critical requirements: compliance with legal terms, adherence to budget limitations, and usability for the target audience. This paper proposes applying interaction patterns to reduce current gaps in the interaction between users and privacy notices.

Categories and Subject Descriptors

K.4.1 [Computers and Society]: Public Policy Issues, Privacy

General Terms

Human Factors, Design, Security

Keywords

Human factors, Usability, Security.

1. INTRODUCTION

The increasing popularity of diverse technologies has made it possible for personal information to be used for purposes other than those originally intended. Sometimes, personal data may be transferred to other entities without the owner's explicit consent. From the perspective of personal data protection, owners of data have the right and freedom to decide what to communicate, when and to whom, maintaining control over their personal information at all times. Due to problems that have arisen (identity theft, fraud, etc.), international organizations have proposed mechanisms for software developers that include options that strengthen user privacy. On the technical side, it has been possible to detect and provide solutions. This paper investigates what tools developers use to build privacy software, and proposes a pattern based on interaction with the elements of a privacy notice as means to reduce existing communication gaps. The paper is organized as follows: Section 2 discusses the main information privacy issues. Current situation of privacy policies is defined in Section 3. Legacy tools versus interaction patterns are presented in Section 4. Finally, Section 5 presents future work.

2. INFORMATION PRIVACY

More and more countries have passed laws that claim to protect people and not just data [1]. Early efforts date from 1967, with

Resolution 509 of the European Council about "human rights and new scientific and technical achievements." In the late 1970s, Germany, France, Denmark, Austria and Luxembourg approved similar national laws. During the 1980s, the European Council legislated on protection of privacy against potential aggressiveness of technologies, through the promulgation of Convention 108 to protect people against the automated processing of data. The purpose was to ensure that citizen's respect of their rights and freedoms, notably the right to privacy. These provisions granted users the right to access their information and modify it if deemed inaccurate, the right to eliminate data when it is no longer relevant or has become obsolete, and the right to oppose their use by a third party.

Several other projects have been implemented [2] [3]; however, only few experiences in Latin America have been reported. The Federal Law on Protection of Personal Data Held by Private Parties [4] was adopted in Mexico in 2010. According to Article 16 of this law, protecting personal data is a fundamental right. Any business or entity requesting personal information should develop and publish a Privacy Notice, a document that discloses some or all of the ways a party gathers, uses, reveals and manages customer's data. There are several guidelines, interaction patterns [5], tools [6] and research projects [7] that have proposed and evaluated [8] mechanisms to generate a privacy notice. However, the information generated does not produce a useful document for end users, thus delegating responsibility to the default options suggested by the interface [9].

3. CURRENT SITUATION OF PRIVACY POLICIES

In order to examine the current situation of online privacy notices in México, a quantitative study has been conducted. The average time that users need to identify privacy notice elements, as well as other human factors, have been documented. A statistical study based on frequency analysis [10] was performed based on the previous experience of participants, using a paper-based questionnaire to document human factors related to reading a privacy notice. We investigate whether privacy notices include the elements required by law, and whether users perceive a user-friendly format. We measure the time invested in identifying various elements and document user satisfaction with regard to interaction. Online privacy notices and paper-based questionnaires are used to collect data. Subsequently, the performance of a group of developers who use legacy tools to build interactive privacy policy applications is documented and compared to determine whether they had any interaction patterns set in place from the beginning of the project.

3.1 Results

1. The average time to read a privacy notice was 10.3 minutes, assuming a college level of reading and understanding.
2. None of the privacy notices showed all the elements required by law.
3. Required items such as Identity and Address of the person in charge, Purpose of data processing and Options to exercise ARCO rights were found in 86.7% of the sample.
4. Mandatory element “Method and options by which changes are reported in the Privacy Notice” was found in 80% of the total sample.
5. Options for limiting the use and disclosure of data was found in only 46.7%.
6. No participant agrees with respect to the similarity among notice formats across all the web pages they visit.
7. 66.7% of our subjects consider it is very difficult to identify the elements of a privacy notice and it is unpleasant to read the notices.
8. 33.3% of the sample think the websites do not help to manage privacy.
9. 66.7% of the sample think Internet users in general cannot understand the contents of a privacy notice.

3.2 Discussion

This study was conducted with volunteer eighth- and ninth-semester Information Technology students who were not offered any compensation for their time. An advanced reading level was assumed. In order to protect users, the presence of a privacy notice is required; however, these notices do not have a homogeneous structure, nor do they include patterns, icons or universal formats to help users understand their basic elements. Participants believe that most people do not understand the contents of a privacy notice. If this happens to people in higher education, it is essential to investigate what happens in other sectors of the population.

It takes too long to read the average notice, considering that this step is mandatory in order to access a web page that collects personal data. For most users it is not an enjoyable activity and they perceived that there were no mechanisms to help them manage their privacy. From this, two things are suggested. First, to study the relationship between the user interface and privacy factors to propose schemes that improve the browsing experience. Additionally, it is key to analyze whether developers of privacy-related applications have appropriate tools at their disposal to facilitate this task.

4. LEGACY TOOLS VS INTERACTION PATTERNS

We have compared the performance of developers when building end-user privacy applications by using legacy tools versus using interaction patterns. Legacy tools refer to traditional programming languages or frameworks [11] whereas an interaction pattern describes a successful solution to a recurring problem related on the user interface than can be replicated in a given context [12]. During the Fall 2012 a group of eleven students in a course of the seventh semester of Computer Engineering and Software Engineering was organized in order to identify the software elements used to build applications about privacy. They were allowed to freely choose

the tools they considered appropriate for their design and implementation. After completing the course and evaluating the functionality of their applications, students were provided with a set of interaction patterns (COPEMMA [13]) and the Privacy Notice (which will be described in Section 4.1). Each team was asked to estimate the impact on the finished work, if they had received such patterns at the beginning of the course. Students participated under the premise that only the fulfillment of the requested functional requirements is assessed. Development teams did not have the support of legal experts or graphics (or similar) designers. Functional requirements were presented to each team without mentioning the purpose of this study. Each team selected its methodology for software development, programming language, icons, images and organization of information on the screen. They were invited to present their conclusions and participated voluntarily in a survey without any compensation.

There were five projects involved in this study. The projects were titled as follows: (1) Navigation prototype for a privacy notice on an Android-based mobile device; (2) Web graphics display elements of a privacy notice for college students; (3) View of a simplified Android privacy notice based on learning styles; (4) Augmented reality applied to display elements of privacy; and (5) Display privacy policies based on P3P (Platform for Privacy Preferences) for the Chrome browser. In the three partial evaluation sessions of functional requirements of each application, developers were asked openly on all tools, guidelines and standards used as the basis for building each project. A summary of these tools is presented in Table 1.

Table 1. Programming tools, guides and standards

Tools	Methodology	Information security standards
Eclipse, PHP, Java	Modeling Scrum, Object-oriented modeling	Protection of personal data Law, collections of icons, data encryption function, password entry fields, APIs development, Privacy-Bird-P3P*, XACML** * http://www.w3.org/P3P/ ** http://sunxacml.sourceforge.net/

4.1 Interaction Pattern: Privacy Policy

The following interaction pattern was designed based on the observations made in 4.1.2 and previously published work: [13] [9]

Name: Full privacy notice

Problem: The Privacy Notice is a document generated by the individual or entity responsible for the proper compiling and processing of personal data and should be made available to the owner of the data. This document does not have a defined structure and each party decides on the format. The document is written in legal language, unclear to the end user, and it is difficult to identify its parts. It is commonly ignored by users because of its length.

Solution: A hierarchy of data distribution and navigation information based on usability rules is proposed. The user is shown the procedure to identify the elements of a privacy notice and the function of each one.

Context: According to Article 16 of the FPDPPP (Federal Law on Protection of Personal Data Held by Private Parties) in Mexico, a comprehensive format is required to explicitly include the following:

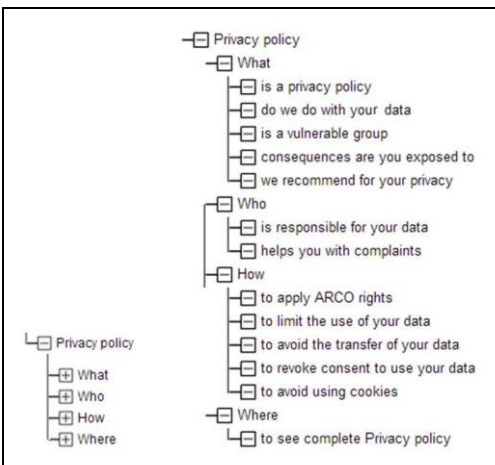
- Handling of data collected
- Individuals responsible for storing data
- How to exercise ARCO rights
- How changes in the Privacy Notice will be announced
- How to limit the use of data, consent for the transfer of data
- Revoking consent for processing captured data
- Revoking consent for the transfer of data to third parties
- Explicit information about vulnerable groups
- Use of cookies and additional data collection technologies
- Display of consequences of possible misuse of data
- Tips to prevent misconduct

Usability: Helps users to identify the elements of a privacy notice.

Consequences: Users can identify the parts of a Privacy Notice, recognize its importance and exercise their ARCO rights in a timely manner.

Related patterns: Personal information, Sensitive personal data, Exercise ARCO rights.

Example:



During the last review session participants were asked to evaluate the tools used. During the Summer term of 2013, students who developed the five projects studied the concept of interaction patterns, unknown to the students at that time. They were asked to estimate how their Fall 2012 projects would have been influenced had they been given to them at the beginning of their projects. Finally, they were asked to estimate the average hours they would have saved had they been given the interaction patterns at the beginning of their projects.

4.2 Results

Neither team used tools to build prototypes, nor there was any comprehensive collection of specialized items identified as having helped them in their design and development. Supporting elements (Java classes, extensions for particular types of browsers) were found to support any type of application (See Table 1). The tools used are considered useful in designing a privacy application 60% of the time, compared to 80% for interaction patterns. The existence of a universal language in the area of security information is not recognized. The participation of a graphic designer is considered pertinent in these projects. An average reduction of 25.7% of the total development time for applications is expected if interaction patterns are made available at the beginning of the project. Traditional design tools are useful for creating IT security applications. However, having a collection of interaction patterns makes it easier for software developers.

4.3 Discussion

Future studies will include graduates majoring in areas involved in the software industry and graphic design students who have experience in software development teams. The satisfaction of the developers regarding the use of traditional security tools for the graphical interfaces design is very low. This fact promotes opportunities to suggest models that support these projects. Due to the increasing number of Internet users, it is necessary to build security software applications. Legacy development tools support building effective applications, however, having a collection of interaction patterns facilitates the tasks related with the design of privacy-aware applications. These patterns are presented as good practices in the software development cycle and may reduce the implementation time. The fact that there is not a universal language about security information presents opportunities to propose elements to enhance collaboration between experts and multidisciplinary teams.

The construction of a collection of interaction patterns that includes these results can influence issues of usability and user experience when building tools to support the administration of privacy. Many applications are developed solely by security experts, which may fulfill functional requirements, but this typically is far from solving real problems for users. Current interaction with the elements of a privacy policy does not facilitate the exercise of ARCO rights, thus forcing Internet users to navigate in insecure mode, being at the expense of any possible misuse that may be given to personal information.

Presenting users with policies regarding how their data will be treated has been approached from the technical and legal framework perspectives, but the ultimate goal, which is to protect people and facilitate the exercise of the ARCO rights has not been satisfied. The observed user experience with privacy notices has not been positive. Resources that facilitate the design and construction of interfaces involving privacy issues for end users are scarce. In order to implement this kind of applications developers can apply any methodology and software development tools according to the needs and available resources; however, addressing user needs can be facilitated by relying on a set of specific interaction patterns.

5. ONGOING AND FUTURE WORK

Ongoing work includes the development of collections of

interaction patterns based on how people learn and interact with human-computer interfaces in order to improve information security culture of Internet users, reduce risks and mitigate associated problems. We plan to include other profiles for potential users in a formal study and involve a larger sample.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We are thankful for support received from Conacyt through the ReAuMobile project.

7. REFERENCES

- [1] L. Rebollo, "Vida privada y protección de datos. Un acercamiento a la regulación internacional europea y española," [Online]. Available: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2758/10.pdf>.
- [2] L. Cranor, M. Langheinrich and M. Marchiori, "W3C The Platform for Privacy Preferences 1.0 (P3P1.0) Specification," 2002. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/P3P/>.
- [3] S. Garfinkel and L. Faith, Security and Usability. Designing Secure Systems That People Can Use., O'Reilly, 2005.
- [4] C. d. d. H. C. d. I. Unión, "Ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares," 2010. [Online]. Available: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPP P.pdf>.
- [5] P. Life, "HCI Patterns Collection - Version 2," [Online]. Available: http://primelife.ercim.eu/images/stories/deliverables/d4.1.3-hci_pattern_collection_v2-public.pdf.
- [6] I. F. d. A. a. I. I. y. P. d. Datos, "Guía práctica para generar el aviso de privacidad," [Online]. Available: <http://inicio.ifai.org.mx/DocumentosdeInteres/privacidad guia.pdf>.
- [7] P. Gage Kelley, L. Cesca and L. Faith, "http://repository.cmu.edu/cylab/1/," *Standardizing Privacy Notices: An Online Study of the Nutrition Label Approach*.
- [8] C. Jensen and C. Potts, "Privacy policies as decision-making tools," *SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 471-478, 2004.
- [9] S. R. Murillo and J. A. Sánchez, "Studying the Relationships between the Management of Personal Data Privacy and User Interface," *Human Computer Interaction. Lecture Notes in Computer Science Volume 8278*, pp. 79-89, 2013.
- [10] N. K. Malhortra, Investigación de Mercados., Pearson Prentice Hall. 5ª. Edición., 2008.
- [11] R. Harper, Practical Foundations for Programming Languages, Cambridge University Press, 2012.
- [12] J. Borchers, A pattern approach to interaction design, England: Wiley, 2001.
- [13] S. R. Murillo and J. A. Sánchez, "Patrones de interacción y su aplicación a la privacidad en Internet," in *INCOSE*, Puebla, 2013.

Software e Ingeniería de Sistemas

A Hybrid Adaptation Model For Universal Multimedia Access.

Roberto Soto Barreiros
Universidade de Vigo
ETS de Telecomunicación,
Campus Lagoas-Marcosende
36310 Vigo (Galicia), Spain
rsoto@det.uvigo.es

Manuel J. Fernández Iglesias
Universidade de Vigo
ETS de Telecomunicación,
Campus Lagoas-Marcosende
36310 Vigo (Galicia), Spain
manolo@uvigo.es

Luis E. Anido Rifón
Universidade de Vigo
ETS de Telecomunicación,
Campus Lagoas-Marcosende
36310 Vigo (Galicia), Spain
lanido@det.uvigo.es

ABSTRACT

In this paper we introduce an original model for Universal Multimedia Adaptation (UMA) that blends together the most relevant state-of-the-art technologies and standards for delivering multimedia content. The proposed model relies on the MPEG suit of multimedia standards to describe the usage environment and to dynamically define adaptive mechanisms to condition content to existing network environment constraints. It has a modular architecture that facilitates its implementation in a broad portfolio of systems and content servers, and supports the delivery of dynamically adapted multimedia content, avoiding at the same time the re-encoding of existing content according to each user's preferences and profiles. Differently to other approaches that interrupt delivery and reinitiate the full adaptation process when the environment changes, the proposed system decides dynamically which stream is more suitable according to actual environment status, without interrupting the delivery but reducing or increasing the video quality in real-time. This proposal also offers personalization, reduces the information exchange between server and client, and supports the management of different types of multimedia information.

Keywords

MPEG-DASH, MPEG-7, MPEG-21, Multimedia Adaptation, UMA.

1. INTRODUCTION

The growing demand for multimedia content over heterogeneous networks, the continuous evolution of multimedia technologies, the increasing variability in multimedia devices and the improvements in network infrastructure generated a Babel of multimedia assets with different technical features. In this scenario, the delivery of multimedia content in a way that it can be consumed by any user becomes a complex task that has been addressed by several standards

like MPEG-21 [2], MPEG-7 [4] and MPEG-DASH [5].

Although existing solutions like the ones mentioned above have successfully addressed many of the challenges of multimedia delivery, they do not offer a complete solution to all possible delivery situations, specifically when content has to be dynamically adapted to cope with changing network conditions, device properties or user characteristics. Some approaches addressed multimedia adaptation for *MPEG-21*. For example, Jannach et. al. [6] introduced a system to integrate reasoning techniques from Artificial Intelligence to adapt multimedia content, and López et. al. [7] proposed a model based on the constraints-satisfaction problem and MPEG-21 descriptions to discover the tools required to dynamically adapt content. Others approaches addressed adaptation in the context of the MPEG-DASH standard. Sieber et. al [10] proposed a user-centric algorithm to increase playback quality and the efficiency of video delivery, while Cong Thang et. al. [12] introduced a mechanism to estimate the best possible user-perceived quality in a given situation.

These approaches based on server-centric models did not address the integration of the several MPEG standards in the same solution. In dynamic contexts like state-of-the-art multimedia networks, MPEG-21 and MPEG-7 alone do not offer a satisfactory solution because their descriptions are static and the mechanisms provided to update them do not support real-time adaptation. In this context, MPEG-DASH would be a better solution, because it supports dynamic stream adaptation to cope with real-time changes in delivery conditions. However, MPEG-21 would still be the most appropriate solution to describe the multimedia content and usage environment (UE), and therefore to select the original content according to user preferences or other semantic descriptions supported by this standard. Therefore, to offer a complete adaptation solution that considers both network status and user characteristics would be necessary to introduce a new model that integrates both MPEG standards in a single system.

In this paper we introduce an original model for Universal Multimedia Adaptation (UMA) that blends together the most relevant state-of-the-art technologies and standards for delivering multimedia content. Section 2 describes the main characteristics of the standards involved in the multimedia

delivery. Section 3, introduces the model proposed, while Section 4 analyzes this model in several usage scenarios. Finally, some concluding remarks are provided, and some ongoing research activities related to this proposal are enumerated.

2. TECHNOLOGICAL BASE

This section introduces and discusses the most relevant technologies and standards related to Universal Multimedia Access (UMA) [13], which will serve as the foundation to develop a new hybrid model for multimedia content delivery. First, we will focus our attention on the different representation standards to describe the technical and semantic features of multimedia content.

2.1 Multimedia Representation Approaches

To deliver multimedia content in a correct way, a previous knowledge about multimedia features like spatial resolution, bit rate, languages, format and coding parameters becomes relevant. The adequate selection of these parameters is required to achieve the main objectives of UMA, that is, to provide the best user experience and/or perceived quality. So, multimedia content delivery systems need technologies or standards to describe the multimedia characteristics and usage environment (i.e., user profile, network status and device features) to adapt the multimedia content to the actual delivery conditions.

The MPEG group introduced the MPEG-7 standard as a response to UMA requirements. This standard provides a rich set of tools to describe multimedia content data. These descriptions support different granularity to offer the possibility to describe content at different levels and to provide operational requirements like filtering, searching, indexing, classification or extraction of certain multimedia features. Note that this information does not depend on the actual multimedia container or format, but it may be physically embedded in the multimedia content, in the same stream, in the same storage device or even obtained from an existing descriptions' repository.

To describe UEs and their related context, actions, resources and elements involved in multimedia delivery, the MPEG group introduced the MPEG-21 standard, which among other features defines the technology to support the exchange, access, consumption, trade and other types of multimedia delivery in an efficient, transparent and interoperable way. Its architecture is based on two concepts: the definition of a Digital Unit (DI), and the user interaction with this unit. Moreover, part 7 of MPEG-21 defines a new concept, namely the digital items adaptation (DIA) framework. This new technology offers the necessary support to adapt DIs according to the usage environment, that is, this part defines a set of environment description tools to describe the main entities involved in the multimedia delivery chain.

To sum up, the use of both standards supports the generation of a full description of multimedia content assets, the actions to be performed with them, and their relation with other multimedia elements or collections of elements. In other words, both standards put together can be used to de-

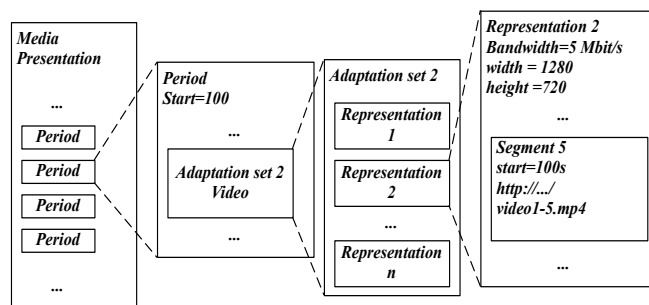


Figure 1: MPEG-DASH Data Model.

velop or integrate adaptation methods or processes to support UMA.

2.2 Multimedia Streaming Protocol

The MPEG group introduced the Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH) protocol as alternative to the RTP protocol and other streaming protocols. MPEG-DASH is a stateless (i.e., it does not require session management) and dynamic protocol that is more effective when streaming is performed with large HTTP data chunks. This standard is based on the combination of different media content streams and a manifest file that identifies the most appropriate streams for any delivery situation. In the MPEG-DASH, multimedia content is made available on the sever in two parts: a Media Presentation Description (MPD) and a collection of URLs identifying the actual content. MPDs define a collection of sequences of small HTTP segments, as depicted in Fig. 1 and this entity describes available content, its alternatives, their URLs and other characteristics in a manifest file. Each HTTP sequence corresponds to a short interval of playback time (a period) of the original multimedia content. These periods contain one or multiple adaptation sets that describe one or more representation of a single stream. The representations may define one or more video or audio streams with different technical parameters, like different format coding or other alternatives.

Thus, MPEG-DASH requires several content alternatives to be available at the server to offer dynamically adapted streams, that is, several alternatives of the same multimedia content are enumerated in the MPD, and then the DASH clients may select the best representation according to the actual status of the usage environment. This type of adaptation is named client-side, because clients are responsible for selecting the correct representation.

2.3 Multimedia Representation Standards

The increasing range of devices, user' needs and associated services posed new challenges not addressed by standards like MPEG-2 or MPEG-1. In respond to this situation, the MPEG group proposed the MPEG-4 suite, and more specially its part 10 [3] or H.264/AVC.

This new representation of video data is more efficient than previous solutions, and has additional flexibility and customizability. MPEG-4 part 10 or AVC/H.264 was designed to represent video content through a video coding layer (VCL)

and a network abstraction layer (NAL) that provides format to the VCL representation of a video asset, and the information required to facilitate storage or streaming in a variety of networks. The NAL units were designed to support the mapping of VCL data to transport it over RTP/IP or any other real-time Internet service, file format or legacy MPEG-2 platforms.

The MPEG-4 part 10 suite defines a set of profiles and levels. These concepts specify conformance points to facilitate the interoperability among implementations of this standard that have similar functional requirements. Profiles define a set of coding tools and algorithms to generate a conforming bit stream, whereas levels specify constraints over key parameters of the bit stream. However, besides the profile and level definitions, in most adaptation situations it is also needed to re-encode the original multimedia content to satisfy the UE needs. Moreover, existing devices do not support all profiles and levels. In other words, MPEG-4 part 10 provides a dramatic improvement when compared to previous standards, but lacks some key features to offer full support to all possible delivery scenarios.

3. THE HYBRID MODEL

Along the following paragraphs we describe the purpose and objectives of an hybrid adaptation model for multimedia content adaptation. This model corresponds to a layered architecture to manage multimedia content and the descriptions associated to this content.

3.1 Purpose and Objectives

The introduction of the previous standards alleviates some of the challenges posed by the present-day heterogeneity of UE. The MPEG group offers tools, technologies and codec standards (cf. Sec 2), so any new model addressing this situation shall use these technologies to provide an adaptation mechanism. On the other side, the MPEG suite (MPEG-7, MPEG-21 and MPEG-DASH) offers a great toolbox to manage multimedia content, but it does not provide an architecture or model, neither defines the methods and/or processes required to achieve the final objectives of UMA. Moreover, these standards are generally integrated in a given system in an independent way.

Previous adaptation models and proposals provided either client-side or server-side adaptation, but the introduction of MPEG-DASH and its combination with other standards in the MPEG suite, enabled the context and tools to develop a model that integrates both types of adaptation. As an initial step, the system would adapt the existing streams to generate new streams from the original ones to match general pre-defined UEs. In some cases, when the UE is different to the pre-defined ones, the system would adapt the required streams to the new conditions. For this, MPEG-21 and MPEG-7 are required as the integration of these standards enables the tools and procedures to manage content and personalize the streams according to UEs. Note that this type of descriptions are not supported by MPEG-DASH as it does not support all the semantic information required to find out which adaptation or adaptations are required in each case. With this integration, the final system can be classified among the ones providing server-side adaptation.

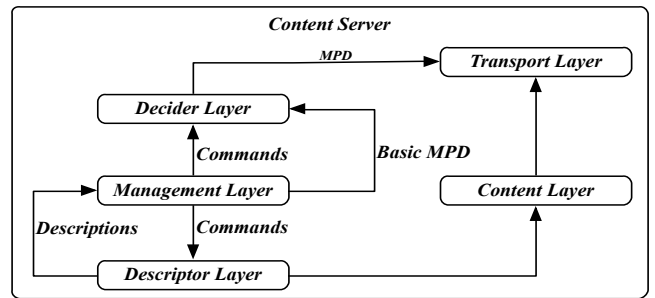


Figure 2: Layered architecture of the model.

On the other side, MPEG-21 and MPEG-7 are not streaming protocols and do not directly tackle the delivery process. This aspect is addressed by MPEG-DASH. Indeed, it not only provides a delivery protocol, but this standard also offers the mechanisms to dynamically adapt content for delivery. To achieve this goal, this last standard communicates the streams available and their technical characteristics to user devices. With this information, the user device selects the best adaptation set or a variation thereof according to its actual UE needs. From this point of view, the system proposed can be classified among the ones providing client-side adaptation.

To sum up, our objective is to integrate in the same system both types of adaptation to offer a hybrid solution addressing the UMA goal: the adaptation of multimedia content to a dynamic usage environment.

3.2 The Model

To develop the pursued mode and its functions and services, a language with sufficient expressive power to manage the complete adaptation process is required. In our case, the Java programming language was selected because it supports both the specification of the model's architecture, the development of its layers, access to content via any network, and native XML data binding. Fig. 2 provides a general overview of the architecture of this new model.

3.2.1 Content Layer

The content layer manages the different types of information in the system (i.e., media files, MPEG descriptions and MPD files). This layer does not contain any management information, but only data and metadata for recovering, discovering and recording physical data.

The information managed by the system has different formats according to the several types of existing content. In the case of media content, AVC coding determines the multimedia format, so this type of data is stored according to the MPEG-4 part 10 physical-layer description. In the cases (e.g., legacy content) when the new registered multimedia content does not comply with this representation standard, the content layer transforms from the original multimedia content to comply with the H.264/AVC standard.

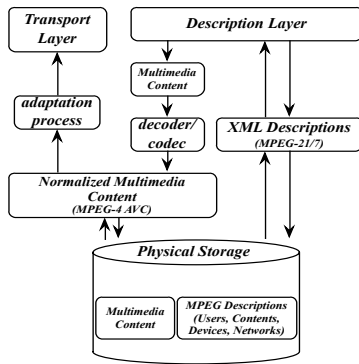


Figure 3: Content Layer.

Moreover, in all cases, the physical layer splits the streams to facilitate the composition and/or future adaptation process and generates multimedia content from the original one with default spatial-temporal parameters (i.e., pre-adaptation process or off-line adaptation) according to pre-defined UEs. Most devices support H.264/AVC, the difference being in the type of container implemented, so the choice of H.264/AVC avoids hard recoding and improves the system's response time because in most real-world scenarios it only will be required to re-encode the container format. In the case of audio streams, the system has the capacity to decode and encode the audio streams according to the devices' requirements and users' profile. The description files (i.e., MPD files, media description files, user description files, network description files and device description files) are stored as XML files according to their respective standards (i.e., MPEG-DASH, MPEG-7 and MPEG-21).

The implementation of the methods and functions are programmed in Java. The information managed by this layer is encoded as XML files according to their respective standards. Note that Java natively supports XML files and bindings. This binding operation provides the mechanism to transform XML information in to Java classes for manipulation. This last service is provided by an Application Programmer's Interface named Java architecture for XML Binding (JAXB, cf. Sect. 3.2.2 below) [8].

3.2.2 Descriptor Layer

To take correct adaptation decisions, the system must have ability to create, update and remove descriptions about media content, users, devices and networks. These abilities are provided by the descriptor layer. As discussed in section 2, this layer implements the MPEG-7 and MPEG-21 standards to generate descriptions related to the application environment and multimedia content (cf. Fig 4).

The media content registered in the system is automatically described by the descriptor layer through the MPEG-7 standard, that is, this layer produces the required descriptions and meta-information to support adapted multimedia content delivery. Moreover, during the multimedia registration process, this layer generates an initial MPD file with the ne-

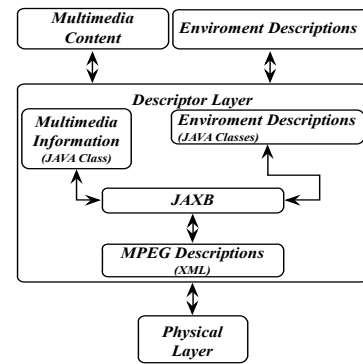


Figure 4: Descriptor Layer.

cessary stream information obtained from MPEG-7 information. As mentioned in section 3.2.1, the registration process generates several initial variations from the original sources. The information about these streams is also included in the initial MPD.

This layer also implements the MPEG-21 standard to offer support to create, update or remove descriptions about the main elements involved in delivering multimedia content. When the system registers new elements (e.g., users' profiles, networks or devices), the information received by the transport layer (and processed by the management layer) is received by this layer in Java format class. Then, the descriptor layer generates the required meta-information to adapt the content to final users according to this information.

Therefore, this layer offers services to the management layer to describe multimedia content and usage environments. Moreover, the parsing of MPEG description files is implemented in this layer. When the management layer requests a MPEG description file, this layer parses the MPEG description files and builds the classes and artifacts needed to manipulate meta-information.

For managing XML files, the descriptor layer uses the classes generated by MPEG XML schema data binding operations. This technology enables the automation of XML schema's customizing mappings. XML schemas are mapped into Java classes or value classes that provide access to content via a set of access methods. JAXB offers an easy way to create and process XML documents compared to SAX or DOM [11]. The conversion process creates a tree of elements of objects that represents the content and organization of the XML document. Complex types are mapped into value classes and attribute declarations or elements with simple types are mapped into properties or fields with these value classes. JAXB converts the Java objects back into XML content. In this case, the Java methods are deployed as WSDL [14] operations and determine the schema components.

Finally, this layer does not fully implement the MPEG-21 and MPEG-7 standards, because this model is focused on the adaptation process and does not tackle other functions like digital management rights, protection information and

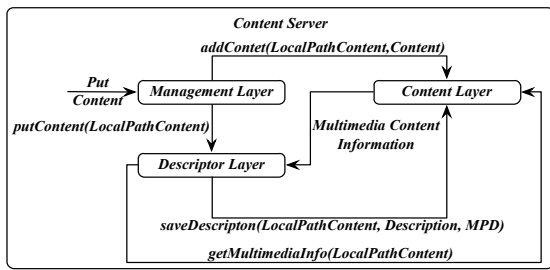


Figure 6: Management Layer in register mode.

other information not related to multimedia adaptation. To sum up, the descriptor layer uses the services offered by the content layer to physically record, update and remove meta-information and offers a description service to the upper layers.

3.2.3 Management Layer

The management layer orchestrates and manages a collection of content servers hosting multimedia-adapted content. The services provided by the management layer are accessible through RestFul Web Services [9]. This layer can be considered a smart layer in the sense that it has the ability to take correct decisions, actions or submit commands to different layers to provide adapted multimedia content according to any usage environment. The management layer implements the logic required to manage media content files, description files, requests, searches and content indexing.

The management layer operates in two modes: request and register mode. In request mode (cf. Fig. 5), the management layer generates actions and submits commands to deliver the best-adapted multimedia content. In this scenario, the management layer preprocesses the request and recovers through the description layer the required usage environment information (i.e., MPEG-7 and MPEG-21 descriptions) and the appropriate MPD descriptions. Then, the management layer locates and indexes physical media content through URLs and submits this information to the decision layers.

In register mode, this layer generates the corresponding commands and submits them to the content and description layers. When a user or device is registered, the information received about the user profile, devices or networks is processed and submitted to the description layer in JSON form [1] format. In the case of content registration (cf. Fig 6), this layer initiates the storage process by submitting local path folder information to the content and descriptor layers about where the piece of content will be stored. Then, the descriptor layer would generate appropriate description records to be stored in the content server.

To avoid multiple copies of users' profiles, network and device descriptions in content servers, the management layer offers query services on this information. To locate the servers that host this information, the content search and location service through URLs from MPEG-21 is used. Therefore, when a given server requires this information, the local management layer consults the information in its local copy of the MPEG-21 file to locate the appropriate server, and

then submits a request to that server's management layer to fetch it. The server would process the obtained information locally. Moreover, each content server implements content location and discovery through the MPEG-21 standard, so each server may redirect media content request to the appropriate content server.

Once the content server has received a request and the management layer has processed it, the decider layer receives the appropriate commands and description files to support the delivery to the best-adapted multimedia content.

3.2.4 Decider Layer

The decider layer analyses the descriptions delivered by the management layer in Java class form. The UE descriptions (UEDs) and content descriptions are used to generate a personalized MPD. For instance, it would remove an audio stream because according to the user's profile only one language version is required (e.g. the English sound track) or it would discard a high-quality video stream according to the actual network status.

In other words, the decider layer receives the classes with environment description information, processes this information, and creates a new MPD with the most adequate parameters to stream multimedia content in a specific scenario. In some cases, the original multimedia registered content needs to be adapted to UE to generate the personalized MPD. In this case, the decider layer searches the best path to adapt the content and initiates the adaptation process through the management layer according to those decisions. For this, this layer implements an algorithm that identifies the actual technical changes to be performed to some of the original content elements to satisfy the actual UE constraints. During this decision process, the decider layer will not only consider one multimedia variation, as the MPD includes several multimedia variations with different parameters that depend on the actual environment. As a consequence, the decider layer creates one optimal and several sub-optimal variations of multimedia content to anticipate the changes in the network's status. This adaptation process is performed on the server side and prepares the content for delivery.

To avoid re-encoding when the environment's conditions change, the decider layer generates the personalized MPD with the streams selected by the decider layer for this actual session. The integration of MPEG-DASH enables the context to monitor the quality of service to take decisions and/or actions in real-time without interrupting the ongoing streaming process and corresponding user interactions. This monitoring mechanism is generally integrated in the DASH client, so this layer only enables client-side adaptations through personalized MPD.

Finally, the decider layer initiates the adaptation or composition processes according to the actual environment, and creates an MPD including the relevant multimedia information in the MPEG-7/MPEG-21 descriptions and other information about the environment.

The meta-information is reused in the different multimedia descriptions considered along the adaptation process. First,

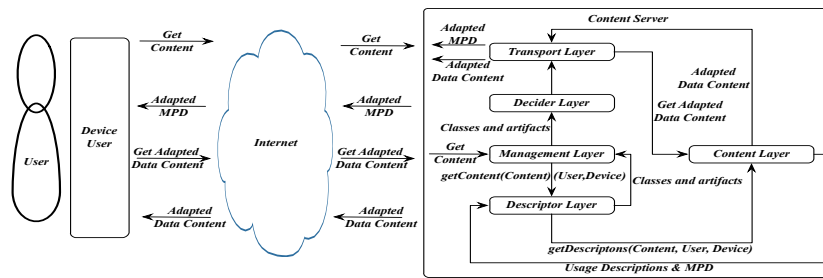


Figure 5: Management Layer in request mode.

when new multimedia content is registered, the description layer collects the relevant information from the multimedia wrapper's header and creates an MPEG-21 file (included MPEG-7 in) file. The description layer captures video codec details, audio codec streams, spatial resolution and audio channels. This information, together with the UEDs, is used to generate the optimal and sub-optimal adaptations. Then, the decider layer uses this information to analyze the environment and to take decisions considering the constraints described in the UEDs. Finally, the decider layer creates an MPD describing the multimedia adapted content. Thus, the MPD file will be a combination of the different parameters included in the UED descriptions that will eventually characterize the adapted multimedia content. The constraints are primarily imposed by user and device descriptions, so the spatial resolution, audio channels, audio language, video codec or subtitles depend on these descriptions, which in turn will be used to set up the initial parameters to adapt the multimedia content.

To sum up, this layer modifies an MPD description according to an actual environment and user's profile, and generates a new MPD description including the optimal options to deliver multimedia content in that specific situation. This MPD description is submitted to the transport layer to initiate the actual media delivery process.

3.2.5 Transport Layer

The transport layer manages the transmission of multimedia content. In this proposal, this layer receives MPD descriptions from the decider layer and sends the appropriate multimedia content to the MPEG-DASH client. In other words, when an MPEG-DASH client requests multimedia content, this layer provides access to adapted content through MPD descriptions.

This layer does not implement the MPEG-DASH standard, but it only makes available to the MPEG-DASH client the optimized MPD description and the corresponding adapted multimedia content. Moreover, this layer would not significantly increase the load of the content sever because it does not need to maintain session state information. Note that MPEG-DASH is not a transmission protocol, so it does not drive the delivery of content, but only the definition of MPD and segment information. However, it provides an enabler for the efficient and high-quality delivery of multimedia streams on top of the HTTP layer. This latter protocol provides transport services for most real-world situations, including mobile environments.

Table 4: Networks.

Type	ADSL	3G
Max. Capacity	20.0 Mb/s	14.4 Mb/s
Min. Guaranteed	1.00 Mb/s	0.72 Mb/s

Table 5: Scenarios.

Scenario	User	Device	Network
A	1	1	1
A	2	2	2
A	3	3	1

4. DISCUSSION

In the previous sections, we described the architecture of the hybrid model, its interlayer relationships and the standard functions implemented. In this section, we discuss the benefits of this model with a usage example. This example is based on the adaptation of a video asset (cf. Table 1) to be consumed by three registered users with different profiles (cf. Table 2) and three different devices (cf. Table 3.)

As discussed along the previous sections, the first step performed would be the registration of multimedia content. During the registration process, multimedia information like video, audio codecs and streams, available languages and subtitles, spatial resolution, frame rates, bit rates and video profiles is analyzed. With this information, the system individually extracts the different streams that compose the multimedia file, and in the case of a video stream, the system re-encodes it according to MPEG-4 part 10 standard. In this operation, the system generates a several video streams to adapt the content to pre-defined scenarios according to network features with normalized spatial resolution and different bit rates: 1080p, 720p and 640p. With this offline adaptation, the system tries to avoid re-encoding in most popular scenarios. This operation is managed by the management layer and executed by the physical layer (cf. Sect. 3.2.1). Concurrently, the descriptor layer analyses the multimedia information and describes the information of the generated streams according to the MPEG-21 standard.

Unfortunately, the characterization just discussed is not provided in present-day delivery systems. As a consequence, when it is necessary to take decisions about how to deliver content and which delivery format is most adequate accor-

Table 1: Example Content asset.

Feature	Value	Feature	Value	Feature	Value
Media	Audio-Visual	Audio language	English	Audio language	Spanish
File format	MOV	Audio codec	Apple Lossless	Audio language	Apple Lossless
Bit rate	4479 kbps	Audio bit rate	791 kbps	Audio bit rate	791 kbps
Video codec	AVC	Sample rate	48 Khz	Sample rate	48 Khz
Spatial resolution	1920x1080	Audio channels	2	Audio channels	2
Frame rate	23,976 fps	Subtitles	English	Subtitles	Spanish
Video bit rate	2893 kbps				

Table 2: Users.

User 1		User 2		User 3	
Feature	Value	Feature	Value	Feature	Value
Native Language	English	Audio Language	Spanish	Audio Language	German
Second Language	Japanese	Audio Codec	English	Audio Language	Japanese

ding to the actual environment, state-of-the-art systems do not have the required capabilities to accomplish this task. With the integration of MPEG-21 and MPEG-7, this hybrid model is similar to other server-side centric systems (cf. Sect. 1), that is, this system has the ability to personalize the video streams, manage semantic information and UEDs. This adaptation approach, in this sense, it can be considered a knowledge-based server-side adaptation.

The three scenarios in this example are (cf. Table 5): scenario A including user 1, device 1 and network 1; scenario B including user 2, device 2 and network 2; and scenario C including user 3 device 3 network 1. In scenario A, user 1 will not encounter any problem to consume the content asset because neither the device’s profile, user’s profile or network’s profile impose severe constraints. So, the decider would adapt the content to anticipate any future network changes, that is, with the information about the UED, the decider selects the predefined adaptation with spatial resolution 720p and 640p, and creates an MPD with these video streams and an audio stream compliant to the Apple losses codec. The second audio stream and subtitle streams are not required to be delivered to user A because they do not provide any benefit to that user. In this example, the decider shows how to personalize the delivery content through a personalized MPD. Moreover, the system shows the benefits of a server-side adaptation as it tries to select the best content variations from pre-adapted content, but in the case that pre-defined adaptation is not suitable, the decider selects the stream more suitable to adapt it according to the actual UE and generates the optimal stream for this case and also creates the personalized MPD. With this approach, the system has the benefits of client-side adaptation (supported by MPEG-DASH) and server-side adaptation (supported by MPEG-21/MPEG-7). If the network status changes, the system does not need to re-encode or reinitiate the decision process as the DASH client that received the personalized MPD will manage the adaptation process by selecting each period defined in the MPD according to the changes in network status.

Scenarios B and C have some additional problems to solve. In scenario B, the default language, spatial resolution and audio codec are not suitable to the requirements of user

and device. In this case, the decider will take decisions to transform content to the best suitable for this environment’s needs. The decider integrates a knowledge-based algorithm, in which the inputs are the predefined adaptation and the output is an optimal solution. The UED set the constraints to satisfy. In scenario B, the optimal content is a multimedia asset including two streams: video and Spanish audio. The decider would not adapt the spatial resolution, but multimedia content wrapper and audio codec are adapted according to user’s device (ACC codec). Moreover, the decider includes the sub-optimal decisions, that is, selects the pre-defined adaptations with reduced spatial and temporal resolution (pre-defined adaptation with spatial resolution 720p and 640p) but with the correct wrapper and audio codec. With these adaptations, the decider composes the personalized MPD.

In scenario C, the decider would take similar decisions to Scenario B, but the optimal decision corresponds to a multimedia content asset including three streams: video, English audio and German subtitles. In this case, the German audio and subtitles are not available, so the decider composes the multimedia content including the English audio and subtitles because the algorithm tries to deliver the content as similar as the original content. The adaptation process is similar to Scenario B, but the decider composes the personalized MPD with optimal solution and pre-defined adaptation with reduced spatial and temporal resolution, English AAC audio codec and English subtitles.

5. CONCLUSIONS

We have introduced a hybrid model to alleviate and overcome the usage environment constraints of multimedia content distribution. This model has a modular architecture that facilitates its implementation in a broad portfolio of systems and content servers, and supports the delivery of dynamically adapted multimedia content, avoiding at the same time the re-encoding of existing content according to each user’s preferences and profiles.

This model relies on the MPEG suite of multimedia standards to describe the usage environment, and on MPEG-DASH to dynamically define adaptive mechanisms to condition content to existing network environment constraints.

Table 3: Devices.

Type	Smartphone (Samsung S3)	Smart TV (Philips pfl8685h)	Computer (iMac mid'11)
Max. video rate	3500kbps	5000 kpbs	6000 kpbs
Avg. audio rate	320 kbps	320 kbps	320 kbps
Spatial resolution	1280x720	1920x1080	2560x1440
Video codec	AVC/H.264 / H.263	AVC/H.264	AVC/H.264/H.263
Audio codec	AAC, MP3	AAC, MP3	AAC, MP3
Audio channels	2	2	2

The benefits of this hybrid adaptation model include its reduced response time and the use of predefined adaptations to simplify the adaptation process in spatial and temporal aspects. This model's server-side architecture for content adaptation to user and device characteristics makes it to be less constrained by the processing power available for content processing and therefore provides better response when compared to client-side adaptation. Moreover, the system also provides dynamic client-side adaptation to changing network conditions through MPEG-DASH integration. When compared to other server-side models like [6] or [7], this model offers similar performance but supports dynamic client-side adaptation, which is not available in the referenced models. In cases that the UEs status changes, these systems reinitiate the full adaptation process, stopping the actual delivery process. This dramatically affects user experience. In our case, the client side decides dynamically which stream is more suitable for each period (defined by MPD) according to actual UE status, without interrupting the delivery but reducing or increasing the video quality defined by the decider in the personalized MPD. In comparison to client-side adaptation, the hybrid model offers personalization, reduces the information exchange between server and client, supports the management of different types of information (i.e., semantic, technical, etc.), and offers additional capabilities to adapt multimedia content.

The authors are presently working on improving the integration of the SVC standard in the model, and on the development of tools to generate MPD files with different time granularities, that is, on the generation of MPD files including different periods that integrate several video streams with different spatial and temporal resolutions and several audio streams with different qualities per period. In the same line, we are also considering the development of tools to support SVC granularity in each MPEG-DASH period, and the development of decoders supporting time granularity in user's devices.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The work presented in this article is partially funded by Gradiant (Centro de Telecomunicacions de Galiza) through grant 10SEC001CT (Consellería de Economía e Industria, Regional Government of Galicia, Spain). The content of this paper is the sole responsibility of its authors and it does not represent the opinion of the Galician Government, which is not responsible of any use that might be made of the information contained herein.

7. REFERENCES

- [1] Introducing JSON. <http://www.json.org>. Accessed 4/13/2014.
- [2] ISO/EIC JTC1/SC29/WG11 N5231. MPEG-21 overview v.5. 2002.
- [3] ISO/IEC 14496-10. Information technology – coding of audio-visual objects – part 10: Advanced video coding. International Organization for Standardization (ISO), 2005.
- [4] ISO/IEC 15938-5. Multimedia content description interface (MPEG-7) – part 5: Multimedia description schemes. International Organization for Standardization (ISO), 2003.
- [5] ISO/IEC 23009-1. Information technology – dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) – part 1: Media presentation description. International Organization for Standardization (ISO), 2012.
- [6] D. Jannach, K. Leopold, C. Timmerer, and H. Hellwagner. A knowledge-based framework for multimedia adaptation. *Applied Intelligence*, 24(2):109–125, Apr. 2006.
- [7] F. López, J. M. Martínez, and V. Valdés. Multimedia content adaptation within the cain framework via constraints satisfaction and optimization. In *Proceedings of the 4th International Conference on Adaptive Multimedia Retrieval: User, Context, and Feedback*, AMR'06, pages 149–163, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer-Verlag.
- [8] Oracle Corporation. *Java Architecture for XML Binding (JAXB)*. Oracle Corporation, 2005.
- [9] Richardson L. and Ruby S. *RESTful Web Services*. O'Reilly Media, May 2007.
- [10] C. Sieber, T. Hossfeld, T. Zinner, P. Tran-Gia, and C. Timmerer. Implementation and user-centric comparison of a novel adaptation logic for dash with svc. In *Integrated Network Management (IM 2013), 2013 IFIP/IEEE International Symposium on*, pages 1318–1323, May 2013.
- [11] F. Simeoni, D. Lievens, R. Conn, and P. Mangh. Language bindings to xml. *Internet Computing, IEEE*, 7(1):19–27, Jan 2003.
- [12] T. C. Thang, J.-W. Kang, and A. Pham. Quality-guided adaptivity for audiovisual content streaming by mpeg dash. In *Consumer Electronics (ICCE), 2012 IEEE International Conference on*, pages 94–95, Jan 2012.
- [13] A. Vetro, C. Chistopoulos, and T. Ebrahimi. Universal multimedia access (special issue). In *IEEE Signal Processing Magazine*, volume 20, March 2003.
- [14] Web Services Description Language. <http://www.w3.org/TR/wsdl>. Accessed 4/13/2014.

Mashup Architecture for Connecting Graphical Linux Applications Using a Software Bus

Mohamed-Ikbel
Boulabiar
Lab-STICC
Telecom Bretagne, France
mohamed.boulabiar
@telecom-bretagne.eu

Gilles Coppin
Lab-STICC
Telecom Bretagne, France
gilles.coppin
@telecom-bretagne.eu

Franck Poirier
Lab-STICC
University of Bretagne-Sud,
France
franck.poirier
@univ-ubs.fr

ABSTRACT

Although UNIX commands are simple, they can be combined to accomplish complex tasks by piping the output of one command, into another's input. With the invasion of GUI applications, we have lost this ability to chain many small tools in order to accomplish a composite task or the possibility to script applications. As such we have become imprisoned into the interface as designed by the developer. Most applications are also designed to be used through a keyboard and a mouse even if the user has newer input devices. In this paper, we demonstrate how we can remove most of these limits and provide the possibility to script, adapt and automate GUI applications using a software bus in a Linux operating system. We provide implemented proof-of-concept cases in addition to conceptual scenarios showing the possibilities arising from the approach.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information interfaces and presentation]: User Interfaces; I.3.6 [Computer Graphics]: Methodology and Techniques

Keywords

Operating system, interaction, architecture, post-wimp, factorization, automation

1. INTRODUCTION

The UNIX operating system has introduced the successful concept of building all the system experience by using small command-line tools which can be connected together through pipes. Unfortunately, this concept of "do one thing and do it well" is only available through the console and can not be applied to the GUI applications which have become more complex in each iteration. These applications are actually used as separated islands. They have some similar

functionalities and with different and redundant implementations that forced special users as designers to use a huge list of tools in order to accomplish a bigger task. In this paper we are trying to solve the problem of GUI application complexity, inability of the reuse of specific functionalities, and inflexibility by introducing a new concept of communicating between the GUI applications, and describing scenarios that show the importance of such a mechanism. The scenarios we are exposing show numerous cases where the possibilities exceed the communication with a single application.

Our contribution mainly lies in the use of a software bus to ensure the applications connection and the ideation of new scenarios offered by this technique. Scenarios are a ground point to rethink how application could be architected in a common open source platform like Linux and evaluate the approach by enumerating and testing the feasibility of scenarios. We target creative tools and graphical design software used mainly by designers, novice or advanced. First, we start by presenting the concept of reducing the use of creative applications to their canvas and presenting the reasons which led to such a decision. Then we start presenting scenarios sorted in terms of complexity.

2. APPLICATIONS AS CANVAS

2.1 Definition of a Software Bus

A Software Bus is an inter-process communication system which allows different applications to connect to a shared channel and then communicate information or invoke distant method calls. In the case of Linux systems, D-Bus is used to facilitate the communication of three message types: method calls, signals and properties. It is possible to call a method in a remote application, subscribe to signals events emitted or read variable properties shared on the bus. As defined by the standard, each application has an address and a list of methods which can be introspected by any application reading from the bus. The choice of D-Bus is suggested by the number of tools, libraries and applications that already support it.

2.2 Previous and Related work

When Linux developers have finished the work on supporting multi-touch events inside Linux kernel, they faced the problem of modifying a big list of software libraries and layers to support the event routing between the kernel and the application. A faster solution developed was Ginn, which

is a Linux daemon that transforms multi-touch events into keyboard taps and mouse clicks. The transformation rules named “wishes”, are loaded depending on the application currently in focus. The concept of transforming input events is similar to the one of the iCon project by Dragicevic [5]. A small piece of code enabled legacy applications to have a feeling that they react to the new events, without modifying the code of the legacy applications or soliciting the developers to do so. Ginn proposed a solution to adapt old applications to new ways of interaction, but it still needs to have the application in focus, and the old interface in which events are injected. From this case, we felt the importance of including pieces allowing applications to evolve in the future to support new means of interaction as referred by Chatty [4] than keyboard and mouse events. Ginn could do a better job if it were able to trigger, by a certain rule or wish, an internal function of the application. In this case, it would bypass the proposed GUI interface and only need the application canvas where the command response is shown as the case in Figure 1.

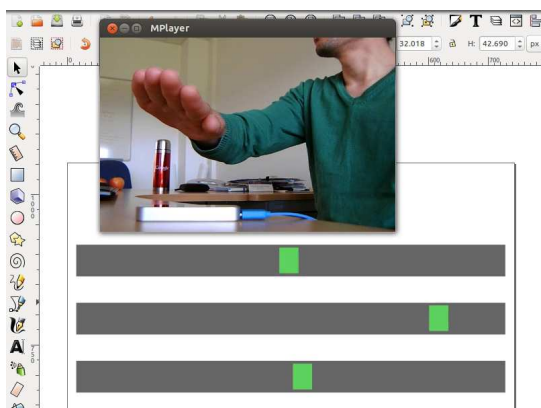


Figure 1: Connecting hand palm angle rotation events to control the movement of boxes inside inkscape, no modification to the target application code is needed

2.3 Reducing applications into their canvas

GUI applications have eliminated the need to memorize commands in order to accomplish tasks. Meanwhile, they have removed the possibility of scripting and intercommunication. Some attempts have tried to use software buses like TUIO [6] and IvyBus [3]. In the first case to transport input events which are more complex than the one standardized in the operating system, and in the second case to communicate between application to transport a generic type of information. Olivo et al. [8] have pointed out this problem while trying to handle multi-touch events, but used network protocols. That does not completely solve the problem, especially when many applications do not use the same platform standard. We also present how we can reduce the dictatorship of the applications interface on what the user is able to do. This is different of what has been done by Stuerzlinger et al. [9] by trying to innovate at the interface level in order to reach the same goal. Minimizing the role of most of the applications into a visualization canvas of what is being done by accessing its internal functionalities from a software bus. It can also simplify the application migration

into a new post-wimp paradigm because we will only need to connect new input events into these internal methods and need the canvas only for feedback. Contrary to model-view-controller pattern where frontiers of a single application are known, we are addressing a platform with multiple applications that can be used on multiple devices which is not limited to original developers intended use. In most of the upcoming scenarios, we target the vector drawing application Inkscape and show what are the new possibilities arising from it.

3. SCENARIOS

3.1 Scripting GUI Applications

Graphical applications can only be used through their interface, and using the input devices supported. When we want to handle a complex manipulation we are stuck in repeating input actions, especially when developers have not provided neither a macro recorder nor an app-internal scripting API like VBA or Gimp PDB (Procedural DataBase). Some of the solutions to this problem is to use an external daemon for input record and replay, or more complex ones like MIT Sikuli [10] use computer vision to detect the position of graphical interface elements then generates clicks on them. Using computer vision for such operation means that we still need the graphical interface on the screen. This is more like a hack than a permanent solution, as the interface can change anytime between versions. In our case, by accessing the application methods exposed on a standardized software bus, we are able to script all needed actions using a simple python script executed from the outside of the application itself which is then transformed into a visualization canvas.

3.2 Interactive Programming

When we script application as we discussed, we also have the possibility to combine useful scripts, make them configurable and create a GUI for them. By taking the example of a drawing application like Inkscape, the application is divided into a canvas, where elements are drawn, and a default user interface. We can use floating windows in the same way of Magic Lenses by Bier et al. [2] to add a new functionality to the application. The floating windows will internally contain a script to handle an object inside Inkscape as in Figure 3. The window can use sliders to configure the values to draw a complex shape, and generate the Dbus commands in order to stream them to the application. From simple application methods like “draw line” or “draw circle”, we can write external plug-ins able to draw any shape. They will communicate with Inkscape using the software bus, developed in any selected language and are solely limited by the imagination of this plug-in developer.

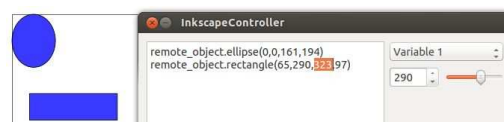


Figure 2: Implementation of an interactive geometric shapes drawing. The user can select a value and visualize the change instantly on Inkscape while moving the slider.

This new way of adding features to applications is very generic in terms of the programming language used or what is possible to, and can force the application to behave in newer ways. Figure 2 shows the use of C++ or python languages to add interactivity. For example we can make a drawing application to behave as a plotting tool by reading values from a file and transforming them into drawing commands to the app. We have even created an animated visualization by using the “move” method on a graphical element inside the plug-in internal loop which can export a frame each time then combined to create a video. Inkscape gained the animation ability just by plugging an external application that is based on its methods and compose them to create a new environment.

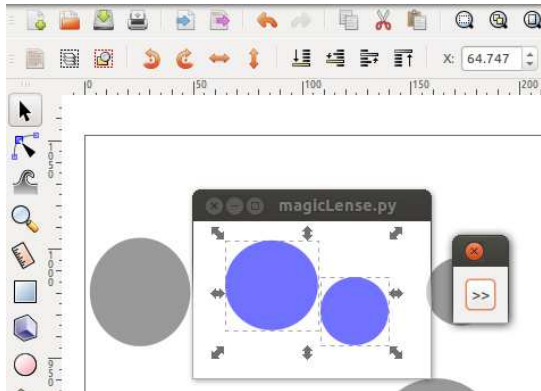


Figure 3: Implementation of a “magic lens” example. The completely separated application has a semi-transparent window and can modify the elements color in Inkscape

3.3 Factorization of applications development

In the previous example, we reached the level where we can make a normal application behave in new ways just by using external plug-ins that do not depend on the provided interface. This means that the important part of the application is changed. What are the limits if we push this concept into a new level by completely removing the default interface and providing new ones?

Any designer use many tools to create a mock-up or an animation. Tools he uses do not always come from a single company. Thus he needs to learn to use the interface of each of them. A beginner will find that these tools do not share the same icons, the same interaction design, even the same positioning of toolbar elements which is a problem of inconsistency in the actor platform. This problem can be solved when the developer of a platform can access internal functions through the installed software and provide by himself an interface which contain the same set of icons and based on a the same interaction design. And such an access can be done using a software bus between applications. We are proposing a resolution of a single platform inconsistency. But nowadays, applications now can be run on mobile phones, tablets, desktop computers and TVs. Even if the applications type can differ from one device to another, we still have a common space of functionalities used. In order to target all of these devices, a typical developer would create an application for each of them, with the proper in-

terface and interaction, compile it and release a new version for each device. The problem here is that a lot of work and multiple skills from development to design are needed. When the person porting an application to another device is different, it becomes sometimes difficult to convince the main developer to create a new interface. This scenario applies the two levels of separation: Core functionalities including a visualization canvas, and a superposed interface. The core exports the internal functionalities into a software bus, and the interface connects to that bus, loads a selected interface and a “functionalities matching process” depending on the device. This concept is represented by Figure 4. The interfaces are created by main platform developers and the intellection will move from application level to platform level. The amount of work needed to adapt the application to a new device or modality is reduced to the creation of the interface and the matching. The core application role will be to show a canvas, and to export its internal methods into the bus. Here in addition to the proposed inconsistency resolution for single and multiple platform, we have factorized the application development into core functionalities which accelerate the development, and factorized also the interaction design which will be made by the designer for all the platforms. The link between the two layers is a component that matches the interaction to the functionality. Thinking about the platform and not the application itself, can push the thoughts into the solution of showing the canvas of the same application through many connected devices and being able to modify elements at the same time using the computer, the tablet and the phone, do part of the work on a device and finish it using another one. Events will be handled in each device and transformed into DBus method calls.

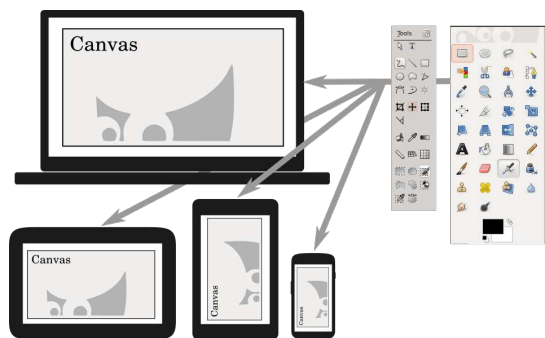


Figure 4: Concept of multi-device application development where the application will provide only a drawing canvas and export its functions through the bus

3.4 Applications Composer

In a platform where many applications get their internal methods exported and handled with the same way of thinking, we need a tool that is able to connect to any internal method of a chosen target application. Then run more complex tasks than what is provided by a single application. This tool capable for example to open a file inside an application as the “open file” is an exported method, apply operations on it and save it in a external file. Then, after completing with the first application, open these in

a new one and so on. This tool will make GUI application as powerful as UNIX command line tools with a lot more possibilities. Since it looks like Apple Quartz Composer, but using applications as building blocks, let's call it "Applications Composer". This concept enables applications scripting, and simplifies complex tasks for the user. It reduces the meaning of having many alternative tools to do the same task inside a platform. If we have many drawing applications that do almost the same thing, the composer interface eclipses these applications the way of independent units they used to be. A simple user who wants to accomplish a task will load a script, provide the input files and get the output, with no need to look at how this is done in details and what applications will be used in the chain. Some developers can even develop small applications with no interface and no significance when used alone, but that are here to fill the gap when used inside the composer. We are speaking about interaction with application using tools, without being limited to a specific interface this is a way to rethink the interaction in a platform as multi-device and multi-application, but single interaction design [1].

3.5 Interactive Documentation

The current way to create a documentation for a GUI application is either to write textual tutorials accompanied with pictures of the buttons where to click, screen-shots of the application windows, or to record a video of the author using the application directly. In both ways, the learning user should switch between the textual or video tutorial and the real application many times and to follow step by step what is shown. The switching is intensive and the user can easily lose focus and get lost as described by Laput et al. [7] Using the core model of a software bus, documentation can be built independently of the type of the current interface visible to the user, but on the core functions of the application instead. We have newer way to create documentation with Dbus. For example, we can invoke an action, and we can also detect when a user does a specific step in a tutorial using signals. These can be used to show a part of the tutorial and go to the next step only when the user has done the previous required work. Using transparent windows, the user will no more switch between the application he is learning and the tutorial. The latter will be shown on top of the application step at-a-once that can even be written inside the learning document for a drawing application. Using this scenario, we have removed the switch between an application and its tutorial. The old forms of documentation can still be generated using a screen-shot taking or video recording script and will take into account the current interface according to the platform.

4. CONCLUSION AND LIMITS

In this paper we have presented many scenarios showing how the export of an application's internal methods can be beneficial for new platform design possibilities. Using the same concept we have also proposed solutions for problems like inconsistency in the interface and interactions of a platform. It also addresses the reduction of development time, multi-device deployment, unification of the documentation system. A side effect of our approach is the reducibility of creative creation GUI applications into their bare canvas. We have explained how this brings better interactions with computers for the developer who will write less code, as well

as for the user who will get his task accomplished by writing small scripts. Developers do not want their tools eclipsed and hidden below a platform made, application composer. This also leads to the use of their applications in new, unintended way, which needs some standardization efforts like the MPRIS for video players.

5. REFERENCES

- [1] M. Beaudouin-Lafon. Designing interaction, not interfaces. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '04*, pages 15–22, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [2] E. A. Bier, M. C. Stone, K. Pier, W. Buxton, and T. D. DeRose. Toolglass and magic lenses: The see-through interface. In *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '93*, pages 73–80, New York, NY, USA, 1993. ACM.
- [3] M. Buisson, A. Bustico, S. Chatty, F.-R. Colin, Y. Jestin, S. Maury, C. Mertz, and P. Truillet. Ivy: Un bus logiciel au service du développement de prototypes de systèmes interactifs. In *Proceedings of the 14th French-speaking Conference on Human-computer Interaction (Conférence Francophone Sur L'Interaction Homme-Machine), IHM '02*, pages 223–226, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [4] S. Chatty, A. Lemort, and S. Vales. Multiple input support in a model-based interaction framework. In *Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2007. TABLETOP '07. Second Annual IEEE International Workshop on*, pages 179–186, Oct 2007.
- [5] P. Dragicevic and J.-D. Fekete. Support for input adaptability in the icon toolkit. In *Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, ICMI '04*, pages 212–219, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [6] M. Kaltenbrunner, T. Bovermann, R. Bencina, and E. Costanza. Tuio: A protocol for table-top tangible user interfaces. In *Proc. of the The 6th IntâĂłl Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*, 2005.
- [7] G. Laput, E. Adar, M. Dontcheva, and W. Li. Tutorial-based interfaces for cloud-enabled applications. In *Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '12*, pages 113–122, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [8] P. Olivo, D. Marchal, and N. Roussel. Software requirements for a (more) manageable multi-touch ecosystem. In *EICS 2011 Workshop on Engineering Patterns for Multi-Touch Interfaces*, 2011.
- [9] W. Stuerzlinger, O. Chapuis, D. Phillips, and N. Roussel. User interface façades: Towards fully adaptable user interfaces. In *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '06*, pages 309–318, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [10] T. Yeh, T.-H. Chang, and R. C. Miller. Sikuli: Using gui screenshots for search and automation. In *Proceedings of the 22Nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '09*, pages 183–192, New York, NY, USA, 2009. ACM.

Semantic Web End-User Tasks

Alfons Palacios^{1,2}

¹Escola Superior Politècnica
TecnoCampus Mataró-Maresme
(Universitat Pompeu Fabra)
Av. Ernest Lluch 32 (Porta Laietana)
E-08302 Mataró, Spain
Telephone +34 169 65 01
FAX +34 169 65 05
palacios@tecnocampus.cat

Roberto García²

²Universitat de Lleida,
Jaume II 69, E-25001 Lleida, Spain
Fax +34 973 702 702
tonig@diei.udl.cat

Marta Oliva²

²Universitat de Lleida,
Jaume II 69, E-25001 Lleida, Spain
Fax +34 973 702 702
oliva@diei.udl.cat

Toni Granollers²

²Universitat de Lleida,
Jaume II 69, E-25001 Lleida, Spain
Fax +34 973 702 702
rgarcia@diei.udl.cat

ABSTRACT

In order to make the Semantic Web reach “real world” end-users it is important to take into account Semantic Web usability. We focus our study of Semantic Web user tasks in end-user online applications, trying to contribute to establishing guidelines that help the adoption of the Semantic Web. However, as starting point, we take into account existing tasks analysis for Web systems and even online information systems in general in order to avoid constraining our view to the current state of development of the Semantic Web. The proposed set of end-user Semantic Web tasks is Search, Browse, Annotate, Mashup, Map, Share, Communicate and Transact.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation (HCI)]: User Interfaces – evaluation/methodology, graphical user interfaces (GUI), interaction style, standardization, theory and methods, user-centered design, user interface management systems.

General Terms

Design, experimentation, human factors, standardization.

Keywords

Human computer interaction (HCI), Semantic web, Interaction patterns, Semantic web end-user tasks, Semantic web usability.

1. INTRODUCTION

The Semantic Web has been around for some time and many people are asking why it has not taken off as quickly as the World Wide Web did. One of the main impediments is that it is not reaching the end-users, who can give it the required critical mass for widespread adoption. In fact, end-users find most Semantic Web applications very hard to use [1].

In the context of this paper, end-user is defined as a user with no

or limited knowledge about Semantic Web. End-user tasks supported by the early Web are now neatly defined and are becoming part of Web developers’ common practice. Knowledge about tasks in the Semantic Web is much less clear due to its novelty [2].

As the starting point, and in order to make the range of tasks broad enough and avoid constraining our view to the current state of development of the Semantic Web, the focus should be broader than existing Semantic Web applications and studies of Semantic Web user tasks. We also consider user tasks in the context of the Web and even in the context of information systems. This makes it possible to check the consistency and coverage of the proposal. We build our proposal of a set of generic Semantic Web end-user tasks, which is presented in Section 2. Finally, Section 3 presents the conclusions and the future work.

2. SEMANTIC WEB END-USER TASKS

From the analysis of the existing literature, as detailed below for each task, we have synthesized a set of generic end-user tasks that can assist Semantic Web developers.

The users we are considering are used to web and other Internet applications, like electronic mail or instant messaging. Therefore, we should also take into account a broader categorization of online user tasks.

The next section presents the set of end-user tasks we propose. Each task is first considered from the point of view of an end-user, i.e. without taking into account the particularities of the Semantic Web. Some examples of particular end-users tasks are then presented, together with references to the related tasks in the literature previously analysed.

All the proposed tasks are atomic. Usually, in the context of specific Semantic Web applications, user tasks will be composed of a mixture of these atomic tasks. The objective is to define a set of user tasks that would facilitate tasks analysis while being easily combinable in order to derive more complex and specific user tasks.

2.1 Search

This kind of tasks corresponds to those when a user poses a query and obtains a set of results that might be rendered in different ways. We include here when the search might be delayed or repeated in the future, like in monitoring scenarios.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interaccion'14, September 10–12, 2014,

Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain,

Copyright 2014 ACM ISBN 978-1-4503-2880-7

Examples of this task are when a user performs a simple keyword based search using a Web search engine, an advanced query that allows constraining different search dimensions, query by example, monitoring elections results or a sports match, etc.

In the context of the Semantic Web, the user can benefit from the implicit semantics when performing a search and get more accurate results, i.e. higher precision and recall. Moreover, the knowledge captured in ontologies can be used in order to guide the user through the query construction process, in order to facilitate query by example or in results display.

In some cases, and after some user testing, it might be concluded that it is preferred to hide all these subtleties from the user, to keep a simple user interface, make use of the available semantics as part of the query engine internal mechanisms and exploit the semantics from the point of view of user interaction when presenting the results.

This task includes *Locating* and *Monitoring* (Heath et al. [3]), is similar to *Fact Finding* and takes into account the temporal dimension of monitoring scenarios (Kellar et al. [4]). It also considers *Information Seeking* (Battle [5]) though some of the examples Battle et al. propose may require other tasks, e.g. some sort of mash up in the case of combining news from different news sources. This task is also related to *Semantic Content Consumption* (Mäkelä et al. [6]), though it is more specific because *Semantic Content Consumption* also includes when users browse search results.

This task can be related to some semantic technologies capabilities (Paola Di Maio [7]), which completely or in part are met by means of this user task: *Answer Engine*, *Concept-based Search*, *Context-aware Retriever*, *Enhanced Search Query*, *Expert Locator*, *Navigational Search* or *Product Design Assistant*. Finally, it is also a component of the complex user task *Word Sense Disambiguation* (Sabou et al. [8]).

2.2 Browse

This task is performed when the user moves through the information currently displayed. In the context of Web information systems this is usually done by following the links that connect the information to related information pieces.

In the context of the semantic web, it is possible to build a richer browsing experience because the underlying model is built from component of a smaller granularity, the triples formed by a subject, a predicate and an object. The combination of many triples builds up a graph. This graph might be browsed by following the links between nodes following different criteria, not but just showing the graph structure to the user.

Another alternative is to provide a faceted view if the metadata being browsed is homogeneous. In addition to the explicit metadata structure, it is also possible to take profit from the underlying ontologies in order to derive new links among resources using mechanism like inference, clustering or semantic queries to other sources, for instance in order dynamically suggest related products based on the semantic description of the product being browsed.

This task is related with both *Exploring* and *Grazing* (Heath), and also with *Browsing* (Kellar). Some of the examples of *Information Seeking* (Battle) also include aspects related with this task, e.g. learning more about a topic. This task is also related to *Semantic*

Content Consumption (Mäkelä), though it is more specific because *Semantic Content Consumption* also includes searching.

This task can be related to some semantic technologies capabilities (Di Maio), which completely or in part are met by means of this user task: *Connection and Pattern Explorer*, *Context-aware Retriever*, *Interest-based Information Delivery*, *Navigational Search* or *Semantic Form Generator* and *Results Classifier*. Finally, it is also a component of the complex user task *Word Sense Disambiguation* (Sabou).

2.3 Annotate

In this task the user describes a resource by providing properties and values that model its characteristics, its relations to other resources, etc. This task includes providing a completely new description but also complementing an existing one, modifying it or deleting some or all of the attributes currently available.

Particular examples of this task are when a user tags a particular URL as it bookmarks it, providing the title and the description of a video, geographically locating a photo, defining a user profile that includes personal details and preferences, etc.

The main particularity of this task, in the context of the Semantic Web, is that the annotations are based on a formal model. Consequently, annotations go beyond informal and ambiguous tags into properties and values that might be constrained by the specifications captured in schemas and ontologies. The user can benefit from a domain specification defining the available kinds of resources, their properties depending on the resource type and the corresponding values. It is up to the user interface to guide the user through this knowledge space, dynamically constraining the choices to be made depending on previous user actions, the context of use and the intended goals.

An example of tool giving support to this task in the context of the Semantic Web is the Semantic Forms extension for Semantic MediaWiki [9], which takes profit from the underlying semantic models that structure available types, properties and their values. This task is connected with *Asserting* (Heath), especially if we consider that the statements made are metadata. It is also related with a broader task that considers maintaining information, *Maintenance* (Kellar), and also with a more specific one that concentrates on updating content, *Content Update* (Battle).

Taking into account tasks identified in the literature in the context of Semantic Web applications, this task is related with *Content Indexing* (Mäkelä) in the sense that by that task semantic annotations are generated, but just as long as some user intervention is required. Otherwise, it is not a user task but a system task. It can be also related with *Ontology Maintenance and Publishing* (Mäkelä), though from the end-user characterisation we have made this task lies outside the set of user tasks under consideration.

Finally, this task is employed in order to attain some of the semantic capabilities (Di Maio): Automated Content Tagging, Content Annotation, Dynamic User Interface, Semantic Service Discovery and Choreography or Virtual Consultant.

2.4 Mashup

This task is about the user gathering different pieces of information and combining them in order to get something more than the simple aggregation of those pieces. Specific examples of this task range from simple mashups such as combining a set of resources that are geographically situated in order to, for instance, which are the hotels near a venue, or resources with temporal

dimension that are arranged in a calendar or timeline in order to facilitate scheduling. In the context of the Semantic Web, this task involves combining two or more pieces of metadata about common resources in order to aggregate the available descriptions about them. It is also possible that the metadata is about different resources, but in this case they should be similar in some sense in order to make possible the aggregation in some dimension.

The main benefit of Semantic Web technologies and methodologies for this task is that as semantic metadata and ontologies are available, it is easier to implement some sort of assistance for the user during the aggregation process. The assistance may range from the ability to propagate the aggregations made to one particular resource property to all the uses of that property in the metadata being mashed up, like in the Potluck mashup tool [10], or exploiting in a more automatic way the available semantic metadata using semantic and statistical measures in order to provide a preliminary mashup that the user might then customise, like in the case of the semantic information mashup tool Sig.ma [11].

This task is related with, though slightly more specific than, *Information Gathering* (Kellar) and includes the main characteristics of both *Evaluating* and *Arranging* (Heath), which might also involve search and browse but whose added value is about combining information and extracting something more that its pure addition. It is also related with *Information Synthesis* (Battle) and the *Semantic Content Consumption* user task (Mäkelä), which is much wider and also includes searching and browsing.

This task might be also required in order to deploy semantic capabilities (Di Maio) like: Answer Engine, Connection and Pattern explorer, Context-aware Retriever, Product Design Assistant, Semantic Form Generator and Results Classifier.

2.5 Map

This task takes place when the user defines mappings among terms from different vocabularies. It is not constrained to a particular set of resources like in the case of the Mashup task, and it does not operate at the level of particular resource descriptions. On the contrary, in this task, the user is working at the level of the vocabularies. These vocabularies might be used in descriptions for many resources, some of which the user might not be aware of it at the moment.

Results from a mapping task might be used in order to facilitate or automate a mashup, or both tasks might be carried out alternatively and coordinately as a process where the user is mashing up a set of resource descriptions and during that process some mappings among the vocabularies being used are defined.

Examples of this task range from simple scenarios like stating that two tags are equivalent to more complex ones like relating different product categories. In the Semantic Web this task includes, for instance, when the user defines simple mappings among classes or properties defined in different ontologies.

This task is a particular case of *Ontology Mapping* (Battle), geared towards very simple mappings and usually triggered by the system that asks users for confirmation because we focus on end-users that are not ontologists. It is also related with *Ontology Maintenance and Publishing* (Mäkelä) but that is also a task geared toward ontologists and domain experts, not end-users. The same applies when considering *Content Indexing* (Mäkelä) or

Ontology Matching (Sabou), while *Folksonomy Enrichment* might be easier and more appropriate for end-users.

2.6 Share

This task considers uploading, publishing, updating and deleting pieces of content with the intention of making them available to other users, who can access the content from a place and at a time individually chosen by them. This last statement allows to clearly distinguishing this tasks from the Communicate task, which is presented next.

This task is also differentiated from Annotate in the sense that data –and not metadata– is added, edited or removed. This data will usually correspond to different kinds of content that users want to share online, like videos, text or images.

Examples of this task are posting a blog or micro-blogging, sharing a photo in a social network, making a file available through a Peer-to-Peer network, etc. In the context of the Semantic Web, this task, as long as related with data and not with metadata, is just equivalent to the corresponding Web task. However, it might be enriched by triggering some sort of content indexing or automatic metadata generation that serves as input for an Annotate task, which allows the user editing and managing this metadata.

This task is similar to *Sharing* (Heath) and *Information Sharing* (Battle). There are not tasks related with this one in the studies of Semantic Web tasks we have analysed. This seems related with the fact that, as we have previously said, in the context of the Semantic Web sharing semantic descriptions is a task included in annotation tasks.

2.7 Communicate

This task is about sharing information directly with particular users, without the intention of making it available to other users. The process is in this case driven by the user participating in this task as the emitter.

Examples of this task are to participate in a chat, to send an e-mail, videoconference, etc. We have included here e-mails because they are usually kept private and not intended to make them publicly available to other users apart from the recipient. Moreover, the communication is driven from the emitter as long as the recipient has the e-mail client up and listening.

This task is related with *Notifying* and *Discussing* (Heath). On the other hand, *Expert locator* is a semantic capability (Di Maio) that might involve this task if a part from locating the expert the capability also involves facilitating the communication with the expert.

2.8 Transact

This task is associated with user actions that provoke a change in the state of a real-world entity or of a resource in a system outside the scope of the system the user is interacting with.

Examples of this task are buying a book, ordering a money transfer between bank accounts, etc. The range of specific tasks included in this category might vary a lot depending on the interactive system attention is focused on. If we concentrate on the user tasks for a specific application, any task that involves interacting with other systems might be considered a transaction as a way to focus the analysis.

On the other hand, if a broader system is taken into account, for instance any information system, the study might be detailed

further and particular tasks among the ones presented before might be identified as the goal of that interaction. In any case, applications might take profit from these technologies and methodologies while supporting this task before and after the processing outside the Semantic Web takes place. For instance, by facilitating form filling while the user provides the required data to complete the transaction. Another way to support the transaction might be adapting the results to user preferences and context, for instance performing currency conversions following user preferences.

This task is present in two of the tasks list considered. There are *Transacting* (Heath) and *Action-oriented* (Battle) tasks.

3. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In order to make the Semantic Web reach “real world” end-users, special care must be placed in making Semantic Web applications more usable. It is very useful to define a set of common user tasks in the context of a particular domain, e.g. Web information systems, in order to establish guidelines and common interaction patterns for that domain.

This is the main aim of this work, to identify a set of common user tasks for the Semantic Web. However, it is important to specify the user profile; it is not enough to say that tasks are for any user. In this case, as the aim is to contribute to the widespread adoption of the Semantic Web, the target user is the end-user. The context is any online application based on Semantic Web technologies.

Once the user and the context are defined, it is time to determine the user tasks. In order to take into account a broad range of user tasks, it is important to avoid constraining the analysis to the current Semantic Web. Consequently, it is necessary to take into account more than existing Semantic Web applications and studies of Semantic Web user tasks. The set of Semantic Web end-user tasks proposed is based on the analysis of existing tasks inventories for the Web and even for online information systems in general.

The set of tasks includes Search, Browse, Annotate, Mashup, Map, Share, Communicate and Transact. Each of these tasks has been described avoiding technological considerations and then presented from the point of view of the Semantic Web. They are also related to the tasks proposed in the literature under consideration.

Once the user tasks have been identified, it is really useful to have an inventory of interaction patterns that give support to these user tasks as a guideline. There are many lists of interaction patterns, though most of them focus on Web systems or other interactive systems without adapting their proposal to Semantic Web user tasks.

Our aim is to build an inventory of Semantic Web interaction patterns starting from existing inventories, e.g. Tidwell's¹ van Welie's², Toxboe³, the Yahoo! Design Pattern Library⁴, or Crumlish & Malone's⁵. This objective will be build on top of these

¹ <http://designinginterfaces.com>

² <http://www.welie.com>

³ <http://ui-patterns.com>

⁴ <http://developer.yahoo.com/yypatterns>

⁵ <http://www.designingsocialinterfaces.com>

pattern libraries and classified them taking into account the proposed Semantic Web end-user tasks. Many of them might be mapped directly from the Web domain to the Semantic Web, like Welie's patterns for Search and Browse, two tasks near clear equivalents in the Semantic Web. In any case, they must be studied in detail, new opportunities should be detected and there is also room for novel interaction patterns that the Semantic Web might make possible. Our analysis against related work specific for Web information systems shows that the user tasks where the contribution of Semantic Web technologies might be more important, because they are less considered or not considered at all, are Annotate, Mashup and Map.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

Partially supported by the research project InDAGuS, Infrastructures for Sustainable Open Government Data with Geospatial Features (Spanish Government TIN2012-37826-C02).

5. REFERENCES

1. T. Heath, J. Domingue and P. Shabajee: "User interaction and uptake challenges to successfully deploying Semantic Web technologies". In Proc. 3rd International Semantic Web User Interaction Workshop, Athens, Georgia, USA, 2006.
2. K. Bakshi, D.R. Karger, End-User Application Development for the Semantic Web, Semantic Desktop 2005 Workshop, International Semantic Web Conference (ISWC), October 2005.
3. T. Heath, M. Dzbor, E. Motta: "Supporting User Tasks and Context: Challenges for Semantic Web Research", in: Proc. ESWC2005 Workshop on End-User Aspects of the Semantic Web (UserSWeb), 2005.
4. M. Kellar, C. Watters, M. Shepherd. A Goal-based Classification of Web Information Tasks. In 69th Annual Meeting of the American Society for Information Science and Technology, Austin, US, 3-8 November 2006.
5. L. Battle, Preliminary Analysis of Users and Tasks for the Semantic Web, Semantic Web User Interaction Workshop, International Semantic Web Conference, Athens, GA, 2006.
6. E. Mäkelä, K. Viljanen, O. Alm, J. Tuominen, O. Valkeapää, T. Kauppinen, J. Kurki, R. Sinkkilä, T. Käsälä, R. Lindroos, O. Suominen, T. Ruotsalo and E. Hyvönen. Enabling the Semantic Web with Ready-to-Use Web Widgets. FIRST - First Industrial Results of Semantic Technologies Workshop, at the ISWC+ASWC Conference, Busan, Korea, November 11-15, 2007.
7. P. Di Maio, Toward Global User Models for Semantic Technologies: Emergent Perspectives, in Proceedings of the Third Asian Semantic Web Conference, ASWC'08 Bangkok, Thailand, 2008, pp. 141-152.
8. M. Sabou, J. Garcia, S. Angeletou, M. D'Aquin and E. Motta. Evaluating the Semantic Web: A Task-based Approach" in The 6th International Semantic Web Conference and the 2nd Asian Semantic Web Conference, 2007.
9. M. Krötzsch, D. Vrandečić, M. Völkel, Semantic MediaWiki, in: The Semantic Web - ISWC 2006, Heidelberg, DE, Springer, 2006, pp. 935-942.
10. D. Huynh, R. Miller, Robert, and D.R. Karger, Potluck: Data Mash-Up Tool for Casual Users, 6th International Semantic Web Conference (ISWC) , November 2007.
11. M. Catasta, R. Cyganiak, G. Tummarello, Towards ECSSE: live Web of Data search and integration, Semantic Search 2009 Workshop, Madrid, Spain, 2009.

Empowering Interfaces for System Administrators: Keeping the Command Line in Mind when Designing GUIs

Sandra R. Murillo
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla 72410, México
sandrarcio.murillo@upaep.mx

J. Alfredo Sánchez
Interactive and Cooperative Technologies Lab
Universidad de las Américas Puebla
alfredo.sanchez@udlap.mx

ABSTRACT

In terms of usability, network management software based on command line interfaces (CLI) is efficient but error prone. With GUIs, a new generation of security tools emerged and were adopted by young system administrators. Though usability has improved, it has been argued that CLI-based software tends to support better user performance. Incorporating CLI advantages into graphical versions (or vice versa) remains a challenge. This paper presents a quantitative study regarding system administrators' practices and preferences regarding GUIs and CLIs and reports on initial results of a usability evaluation performed on proposed interfaces that are informed by our study. Personalization features are particularly appreciated by network administrators, which suggests possible strategies for graphical interface designs that improve user experience while maintaining the positive aspects of CLI-based software.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [User/Machine Systems]: Human factors

General Terms

Human Factors, Design, Security

Keywords

Human factors, Usability, Security, GUIs, command line interfaces.

1. INTRODUCTION

The administration of computing and telecommunications infrastructure supporting services is a continuous challenge. Nowadays, there are several tools that can be implemented to manage the basic principles a safe system should have in place: integrity, confidentiality, availability, authentication and non-repudiation. Though most software in this area complies with its technical objective, it does not typically adhere to guidelines for interface design, and may not be the best for the technology consumers in terms of critical factors of user experience. In some cases, this causes frustration, waste of time and prevents the transference of the acquired experience on to the utilization of other tools in a natural manner, forcing users to adapt to each tool, and not the other way around.

At present, each user has to be not only an expert in information security, but also in interface usage. With such a poor integration, users are responsible for correlating and making sense of the results obtained through multiple distributed systems using different techniques, including some manual procedures.. Tools based on the command line interface (CLI) are still considered very powerful, as they allow a detailed handling of data and

parameters, including those provided by graphical interfaces. In order to take advantage of CLI-based tools, users should have syntactic knowledge of sentences to be executed, and are constantly at risk of making typing errors. This paper presents a quantitative study about system administration practices and preferences regarding GUIs and CLIs. The paper is organized as follows: Section 2 discusses the main issues in the usability and security management tools. The main problem is defined in Section 3, whereas Section 4 describes the methodology followed in our study. Our initial results are presented in Section 5. A prototype measurement is presented in Section 6. Finally, Section 7 presents the future work derived from our study.

2. SECURITY AND USABILITY

Due to the constant growth of Internet usage, working in security software is a challenge for all of those involved [1]. According to [2], over 70% of the security breaches against company networks come from the "application level" and not from the "network level" in terms of the OSI model [3]. This indicates that having a deep knowledge of programming, routing protocols or operating systems is not even necessary to cause severe damage through easy to use applications. Having the tools to predict and mitigate undesirable acts and to opportunely detect "false positives" within a network is indispensable [1] [2].

According to [3], a security support tool would have a high level of usability if it had standard formats that permit inter-tool integration, data mining applications, events flow automatic processing, collaboration and information interchange, as well as effective, scalable work spaces that allow personalization with programmable visualizations. Moreover, in [9] it is said that reporting capabilities, historical analysis and real time monitoring are data analysis strategies that must be present in security related tools. As stated by [4], when designing graphical interfaces for tools based on command lines, it is necessary to identify user experience elements that are important and are strongly correlated, making sure the design avoids blindness due to lack of attention.

A good interface design should offer the possibility of finding the interaction elements that pinpoint what/who the interface addresses, where the elements are located, and how it performs its tasks. Various authors [5] [6] agree that the principles of interface design should focus on ensuring consistency between the functionality of the applications and the environment where they will be utilized, so they can offer a comprehensible space for interaction. There is a considerable amount of security tools based on command line [7] [8]. A command line interface (CLI) is a type of human-computer interface that relies solely on a set of specific commands and their corresponding parameters, all of this in pure text (for entering commands) and textual display of results.

That is, the entire display screen, or the currently active portion of it, shows only characters, and input is usually performed entirely with a keyboard [9]. Some advantages according to [10], first, the user faces less distraction as there is no need to interact with GUI; second, commands in CLI can be used to create complex shell scripts to solve complex tasks. In the other hand, a disadvantage of CLI is the user's high cognitive workload because they have to remember the commands and parameters.

3. THE PROBLEM

There are several specific tools based on CLI for each security administration task in a given network. It is very hard to transfer the experience acquired while using one of these tools to the use of another that is based on a different interface paradigm, as the representations of the basic factors that are common to such tasks have not yet been standardized. For every system, the user must know beforehand the command syntax and parameters for the task to be executed. Security administrators consider an application usable as long as it fulfills the specific technical objective for which it was originally developed [11]. For years, applications have maintained the same format and it is well known that experts in this area should be able to totally adapt to them, with no certainty of whether or not both GUI and CLI versions would be available. We thus formulated the following working hypothesis:

The performance of network administrators will improve by relying on usable graphical interfaces of the corresponding command line tools.

4. METHODOLOGY

In order to investigate the validity of our hypothesis, we conducted a quantitative study, based on a parametric analysis using frequencies and correlation coefficients [12]. Frequency analysis and the Pearson correlation method were applied using the SPSS software to identify relationships between the study variables. A prototype was designed and a usability study [13] and a survey were applied. Fifteen experienced network administrators were asked to mention the 20 basic tools they utilize to perform their duties as network security administrators, regardless of whether they like to use them or not. The following was observed: 53% use a CLI version, 31% a GUI version, and 16% both versions. According to these results, only the four most voted tools based on Command line version were selected: an intrusion detection system (Snort [14]), a password cracking program (John the Ripper [15]), an email policy administrator (Procmail [16]), and a remote device administrator (SNMP [17]).

4.1 Technical elements and interface elements

By means of a survey, the participants were asked to indicate the technical elements and the interface elements that they consider should have a common and consistent representation throughout the four tools selected for this study. The technical elements, in no particular order, that participants would expect to find in a consistent manner throughout network security tools are the following:

- Internet Protocol (IP) address range
- Ports menu
- Protocols menu
- Network card menu
- Workgroup
- Progress bar
- Execution time (Hours, minutes, seconds)
- Execution mode (Online, offline)

- Application status (Active / inactive)
- Scheduling tasks
- Basic functions (Start, stop, pause, reset)
- Administrative menu
- Network map
- Percentage of completion
- Real time log
- Expected results
- Advanced functions
- Save/send log
- Save/send partial results
- Save/send final results
- Save/send Log

The interface elements, in no particular order, that participants would expect to find in a consistent manner throughout network security tools are the following: Customizing colors, customizing typography, representative icons, relocating elements, graphical version and command line version. The participants answered four paper-based questionnaires (one per tool) containing five-point Likert scale items in order to determine the importance of each one of the elements present in the tools. The relationship between variables was analyzed using SPSS [12].

5. INITIAL RESULTS

These are the main results of this study:

- The values obtained through the SUS evaluation for the four tools under study range between 20.5 and 28.3. This data shows that there is a perceived low usability level for CLIs.
- None of the participants feel satisfied with the idea that CLI tools facilitate network security tasks.
- For the four tools, there are strong correlations between each tool's basic functions and interface related elements (Table 1 to 4).

6. IMPLEMENTATION AND MEASUREMENT

A prototype based on the results presented in Section 5 was designed as follows. See an example in Figure 1.

1. Interactive elements were placed near or far from each other according to the values of the correlations presented in Section 5 of this paper. If the correlation was very high, proximity was immediate. For example, in Snort GUI prototype, proximity of the Colors and Typography is based on the highest identified correlation value (Figure 1).
2. The proportion of the interaction elements on the screen was considered based on the importance of the corresponding task. For example, the area of Expected Results (highlighted by an oval) is very important for potential users of the graphical version of Snort (Figure 1).

Participants were asked to assess the original CLI tools, according to their previous experience and to assess a second version of this prototype, as well as the usability of such tools by means of the questionnaire recommended by the SUS methodology [13]. The average scores given by the 15 participants are shown in Table 5.

Table 1 . Snort results

Correlations	Interpretation
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Changing colors</i> is correlated to <i>basic functions</i> (0.891**), to <i>expected results</i> (0.721), to <i>change typography</i> (0.908**) and to <i>progress bar</i> (0.881**). • <i>Representative icons</i> is correlated to <i>basic functions</i> (0.928**), to <i>expected results</i> (0.784*), to <i>change typography</i> (0.874*) and to <i>progress bar</i> (0.906**). 	It is necessary to include <i>representative icons</i> and to apply <i>changing colors</i> option to <i>basic functions</i> , <i>expected results</i> , <i>change typography</i> and <i>progress bar</i> .
<i>Change typography</i> is correlated to <i>graphical version</i> (0.700).	It is very important to include <i>change typography</i> option in a GUI version.

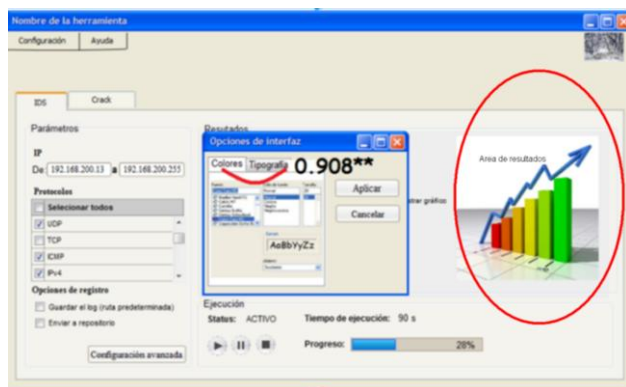


Figure 1. Prototype

Table 2. John the Ripper results

Correlations	Interpretation
<i>Change colors</i> is correlated to <i>administrative menu</i> (0.725), to <i>Command line version</i> (0.960**), to <i>basic functions</i> (0.725), to <i>relocate elements</i> (0.735) and to <i>change typography</i> (0.960**).	It is necessary to include <i>change colors</i> option to <i>administrative menu</i> , <i>CLI</i> , <i>basic functions</i> , <i>relocate elements</i> and <i>change typography</i> .
<i>Relocate elements</i> is correlated to <i>basic functions</i> (0.730) and to <i>real time log</i> (0.730).	It is necessary to include <i>relocate elements</i> option to <i>basic functions</i> and to <i>real time log</i> .
<i>Representative icons</i> and <i>basic functions</i> (0.923**) are strongly correlated.	It is indispensable to include <i>representative icons</i> in <i>basic functions</i> .

Table 3. SNMP results

Correlations	Interpretation
<i>Change colors</i> is correlated to <i>command line version</i> (0.725), to <i>scheduling tasks</i> (0.702), to <i>relocate elements</i> (0.710) and to <i>change typography</i> (0.764*).	It is necessary to include <i>change colors</i> option to <i>scheduling tasks</i> , <i>relocate elements</i> and <i>change typography</i> tasks.
<i>Expected results</i> is correlated to <i>change colors</i> (0.711), to <i>representative icons</i> (0.753) and to <i>relocate elements</i> (0.826*).	<i>Expected results</i> needs <i>change colors</i> , <i>representative icons</i> and <i>relocate elements</i> options.

Table 4. Procmail results

Correlations	Interpretation
<i>Basic functions</i> is correlated to <i>representative icons</i> (0.795*), to <i>application status</i> (0.859*), to <i>advanced functions</i> (0.723), to <i>change colors</i> (0.881), to <i>graphical version</i> (0.786) and to <i>command line version</i> (0.779*).	<i>Basic functions</i> need <i>representative icons</i> and <i>change colors</i> options, also need to be close to <i>application status</i> , <i>advanced functions</i> , <i>GUI</i> and <i>CLI</i> .
<i>Change colors</i> is correlated to <i>change typography</i> (0.842*).	<i>Change colors</i> option needs to be close to <i>change typography</i> .
<i>Command line version</i> is correlated to <i>representative icons</i> (0.921**).	<i>CLI version</i> needs <i>representative icons</i> .

7. PRELIMINARY CONCLUSIONS

This study was conducted with the help of senior undergraduate students majoring in Information Security, and lecturers with more than fifteen years of experience in information security education and consulting. Future studies will include security experts coming from different geographical and cultural regions in order to assess the impact of these variables. There is a strong correlation between changing colors and changing typography, which means that the users consider them as very important elements and they should be placed one next to the other within the interface. For all security tools, including representative icons is an indispensable feature.

Users expect to find the available options represented in a graphical language, consistent throughout all the evaluated tools. This element shows a high correlation with the tool's basic functions for all the four cases studied. When it comes to performing tasks as a security administrator, the presence of these icons is considered even more important than the presence of technical options. Establishing a universal set of security icons to be applied on the interface could increase the tools' usability and improve users' performance. Changing the position of the elements within the interface and having a graphical version, additional to the command line version are options the users of these tools consider of high priority. This suggests that personalization of the workspaces could increase the tools'

usability and improve users' performance. It is possible that the best option for some users is command line version; however, people with other profiles could make better use of their different skills using a graphical version.

Table 5. SUS Results Part 1

Tool	SUS Results CLI	SUS Results Prototype
Snort	22	70.6
John the Ripper	28.3	71.3
Procmal	20.5	69
SNMP	23.3	68.6

The initial values obtained through the SUS evaluation (Table 5) show that the level of usability for the tools under study is low and it doesn't satisfy the users who utilize them on a daily basis. There is an improved usability of GUI management security tools, which typically are used as CLI (Table 5). Further studies may investigate whether specific personality characteristics of administrators may suggest customization models to improve their performance. It is necessary to conduct a study with users in which they are asked to perform a set of typical network administration tasks using different versions of the considered tools and make comparisons to determine whether the usability of one tool is objectively better than the other. At this point in the study, we do not have final results regarding usability metrics such as the number of completed tasks, runtime, number of requests for help, errors and level of satisfaction according to age, gender and experience. After that, it will be possible to document the observations and determine the outcome of the hypothesis proposed at the beginning of this work.

8. ACKNOWLEDGMENTS

We are thankful for support received from Conacyt through the ReAuMobile project.

9. REFERENCES

[1] G. Jackson, *Predicting Malicious Behavior: Tools and Techniques for Ensuring Global Security*, John Wiley & Sons, 2012.

[2] D. Miller and S. Harris, *Security Information and Event Management (SIEM) Implementation*, McGraw-Hill/Osborne, 2011.

[3] E. Kandogan and E. Haber, "Security Administration Tools and Practices," 2005. [Online]. Available: <http://www.plunk.org/eben/PublishedPapers/Security-ch18.pdf>. [Accessed 2014].

[4] S. Rubio-Valdehita, E. Díaz-Ramiro and R. López-Higes, "Effects of task load and cognitive abilities on performance," *Anales de psicología*, vol. 28, no. 3, pp. 986-995, 2012.

[5] J. Nielsen, *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann, 1993.

[6] L. Constantine, *Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design*, Addison-Wesley, 1999.

[7] I. SANS, "Securing Linux/Unix," 2013. [Online]. Available: <https://www.sans.org/course/securing-linux-unix>.

[8] S. Ross, *Unix system security tools*, McGraw-Hill, 2010.

[9] M. Loukides, *System performance tuning*, O'Reilly & Associates, Inc., 2002.

[10] J. Preece, *Human-Computer Interaction: Concepts And Design*, Addison Wesley, 1994.

[11] E. Nemeth and G. Snyder, *Unix system administrator handbook*, Prentice Hall, 2011.

[12] N. Malhortra, *Investigación de Mercados.*, Pearson Prentice Hall. 5ª. Edición, 2008.

[13] J. Brook, "System Usability Scale," [Online]. Available: <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>.

[14] Sourcefire, "Open source network intrusion prevention and detection system (IDS/IPS)," [Online]. Available: <http://www.snort.org>.

[15] Openwall, "John the Ripper password cracker," [Online]. Available: <http://www.openwall.com/john/>.

[16] S. Van den Berg, "Welcome to procmal.org," [Online]. Available: <http://www.procmal.org/>.

[17] S. Research, "Secure Internet Management and SNMP," [Online]. Available: <http://www.snmp.com/>.

Avanzando Hacia la Consideración de la Calidad de Adaptación en ISATINE

Cristina Roda
LoUISE Research Group, I3A
Universidad de Castilla-La Mancha
Campus, s/n, Albacete, Spain
+34 967 599 200 +2656
cristinarodasanchez@gmail.com

Víctor López-Jaquero
LoUISE Research Group, I3A
Universidad de Castilla-La Mancha
Campus, s/n, Albacete, Spain
+34 967 599 200 +2461
victor@dsi.uclm.es

Francisco Montero
LoUISE Research Group, I3A
Universidad de Castilla-La Mancha
Campus, s/n, Albacete, Spain
+34 967 599 200 +2468
fmontero@dsi.uclm.es

RESUMEN

La calidad es importante para cualquier tipo de producto software. Por ejemplo, la usabilidad es un factor determinante en el éxito de un producto, siendo éste uno de los factores de la calidad de un producto software. El proceso de diseño, ejecución y evaluación de la adaptación no escapa por supuesto a esta necesidad de consideración de la calidad. El marco de adaptación ISATINE considera todas las actividades concernientes al proceso de adaptación, desde su concepción a su evaluación, sin embargo no contempla la calidad de adaptación en cada una de las etapas del proceso de adaptación que incluye. En este artículo, se describe qué es la calidad de adaptación y su descomposición en cuatro tipos (*Calidad Esperada de la adaptación*, *Calidad Deseada de la adaptación*, *Calidad Alcanzada de la adaptación* y *Calidad Percibida de la adaptación*). Además, se distinguen los tipos de calidad de adaptación que están involucrados en cada etapa de ISATINE. Saber esto nos permitirá en un futuro integrar la calidad de adaptación en cada una de las etapas de ISATINE, describiendo qué técnicas, métricas y métodos utilizar en cada fase para evaluar dicha calidad de adaptación. De esta forma, dispondremos de un proceso de adaptación que contemple la calidad en su totalidad.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *evaluation/methodology, screen design, user-centered design.*

General Terms

Design, Human Factors, Theory.

Keywords

Interaction, ISATINE, adaptation, quality.

1. INTRODUCCIÓN

El creciente uso de aplicaciones que facilitan tareas cotidianas al usuario, como comprar billetes de avión o de teatro, o la variedad de personas que usan una aplicación en particular, son algunos de los ejemplos que ilustran la necesidad de crear aplicaciones apropiadas para cualquier tipo de usuario, cualquier dispositivo y capaz de funcionar en cualquier situación. Desafortunadamente, incluso aunque se apliquen métodos de diseño centrados en el usuario, es imposible prever todas las combinaciones de los parámetros que influyen en la interacción o a veces simplemente demasiado costoso para realizarlo. En este escenario es donde la adaptación puede desempeñar un papel determinante.

Así, la adaptación al contexto que nos rodea se ha convertido en una rutina diaria en nuestros dispositivos que pasa inadvertida para muchos usuarios. Por ejemplo, el brillo de nuestra pantalla se

adapta automáticamente de acuerdo a las condiciones actuales de iluminación, la pantalla se apaga automáticamente cuando acercamos el teléfono a nuestra cara para hablar para evitar que pulsemos sin querer, o la interfaz de usuario se acondiciona cuando rotamos nuestro dispositivo. Además, los distintos tipos de usuarios también imponen importantes restricciones para conseguir un diseño apropiado para cada arquetipo de usuario.

En este sentido, existen procesos de adaptación que guían al diseñador para producir una experiencia de adaptación agradable. El más ampliamente aceptado fue propuesto por Dieterich en 1993 [1], pero presenta varias deficiencias, entre ellas no considerar la calidad de adaptación, es decir, no permitir la evaluación de la adaptación para saber si es apropiada o no, ya que se centra sólo en la ejecución de la adaptación. Para atajar este problema, se propuso un marco de trabajo de adaptación llamado ISATINE [16] que consta de siete etapas y especializa el modelo mental de Norman [3] para la adaptación.

Obviamente, los marcos de adaptación, y en general los procesos de adaptación, deben garantizar cierta calidad que dé como resultado una adaptación apropiada y certera para una situación concreta. De la misma manera que una interfaz de usuario (una aplicación software en general) se crea con el objetivo de alcanzar un grado de calidad específico, así debe suceder con la adaptación. A este último tipo de calidad es al que nos referimos como *Calidad de Adaptación* (en adelante QoA, de sus siglas en inglés: *Quality of Adaptation*) [2], el cual será detallado en la sección 2.2.

Debido a una consideración deficiente o insuficiente de la calidad en el proceso de adaptación, no se suele proporcionar una buena experiencia de adaptación al usuario, produciendo un rechazo. En este trabajo se describe la QoA en el marco de adaptación ISATINE, con el objetivo de considerar apropiadamente la QoA en cada una de sus etapas.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se describe la QoA en el marco de adaptación ISATINE, propuesto en trabajos previos [16], caracterizándola a partir del propio concepto de calidad (sección 2.1) y especialmente del concepto más genérico de QoA (sección 2.2); en la sección 3 se incluye una discusión sobre los aspectos descritos en este artículo, finalizando en la sección 4 con unas conclusiones y trabajo futuro.

2. QoA EN ISATINE

A lo largo de esta sección, se describe cómo podemos considerar la calidad en las distintas facetas de una adaptación, concretamente aquellas incluidas en ISATINE.

2.1 ¿Qué es la calidad?

El significado de *calidad* causa bastante confusión, debido a que es un concepto utilizado habitualmente en múltiples contextos y,

por tanto, posee diferentes interpretaciones y definiciones, como las propuestas por Crosby [4], Juran [5] o Taguchi [8]. De manera más formal, la IEEE en su estándar 610.12 [6] define la calidad como el grado en que un sistema, componente o proceso satisface los requisitos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario. En la familia de estándares ISO 9000 [7], también podemos encontrar otra definición de calidad: capacidad de un producto software para satisfacer necesidades explícitas o implícitas cuando se utiliza bajo unas condiciones determinadas.

Hoy en día, existen diversos estándares de calidad de carácter internacional y bien madurados, como el ISO 9241-11:1998 (centrado en la usabilidad) y el ISO/IEC 25010:2011 (centrado en la calidad del producto software y la calidad en uso), donde la calidad se descompone en modelos de calidad. Estos modelos de calidad pueden utilizarse para dar soporte a la especificación y evaluación del software desde diferentes perspectivas [9], asociadas a la adquisición, los requisitos, el desarrollo, el uso, la evaluación, el soporte, el mantenimiento, la garantía de calidad y la auditoría de software.

La calidad depende de cada usuario y de sus objetivos de negocio. Por ejemplo (adaptado del ISO/IEC 9126-1:2001):

- Un usuario (*user*) o una unidad de negocio de usuario puede identificar la calidad con la idoneidad de un producto software, utilizando criterios asociados a la usabilidad y la calidad en uso. En este contexto, los usuarios con discapacidad pueden asociar la calidad con la accesibilidad de su software.
- Un adquiridor (*acquirer*) reconoce la calidad de un producto software por medio de medidas externas de funcionalidad, fiabilidad, usabilidad y eficiencia, o de calidad en uso.
- Un mantenedor (*maintainer*) generalmente establece una correspondencia entre calidad y mantenibilidad.
- Una persona responsable de implementar (*person responsible for implementing*) el software en diferentes entornos y plataformas, asocia la calidad con la portabilidad.
- Un desarrollador (*developer*) puede identificar la calidad de un producto software por medio de medidas internas de cualquier característica de la calidad.
- Un evaluador (*evaluator*) puede asociar la calidad de un producto software con la productividad, la satisfacción y la efectividad de dicho producto.

Además de estos seis puntos de vista de la calidad, podemos preguntarnos cómo podemos describirla. El trabajo propuesto en [10], sugiere describir la calidad desde cuatro perspectivas diferentes:

- Calidad Esperada (*Expected Quality*), la calidad que el cliente o usuario necesita, es decir, los elementos o requisitos necesarios en la especificación del Sistema en Estudio (SuS, *System under Study*).
- Calidad Deseada (*Wished Quality*), el grado de calidad que el experto en calidad quiere conseguir para la versión final del SuS. Este tipo de calidad se deriva de la Calidad Esperada, ya que está relacionada también con la especificación.
- Calidad Alcanzada (*Achieved Quality*), la calidad obtenida a partir de una implementación dada del SuS. Idealmente, debe satisfacer la Calidad Deseada.
- Calidad Percibida (*Perceived Quality*), la percepción sobre los resultados que el cliente o usuario tiene, una vez que el SuS ha sido entregado.

En este punto, es interesante establecer relaciones entre los diferentes puntos de vista de la calidad y los cuatro tipos de calidad que acabamos de ver. De esta forma, sabremos qué puntos de vista se asocian con cada tipo de calidad:

- La *Calidad Esperada* puede ser tratada desde el punto de vista del *usuario*, ya que se refiere a los requisitos del sistema, es decir, satisfacer las necesidades del usuario. Este tipo de calidad también está relacionado con la vista del *adquiridor* dado que también es adaptable a las necesidades del cliente.
- La *Calidad Deseada* puede ser tratada desde los siguientes puntos de vista: *mantenedor*, *persona responsable de la implementación*, *desarrollador* y *evaluador*, ya que representan a expertos en calidad que quieren alcanzar una calidad final con respecto a la mantenibilidad, la portabilidad, medidas internas de calidad, y la efectividad del sistema, respectivamente.
- La *Calidad Alcanzada*, como la deseada, también puede ser tratada desde los puntos de vista del *mantenedor*, *persona responsable de la implementación*, *desarrollador* y *evaluador*, ya que representan a expertos en calidad que finalmente logran cierta calidad de acuerdo a la mantenibilidad, la portabilidad, medidas internas de calidad, y la efectividad del sistema, respectivamente.
- La *Calidad Percibida*, como la esperada, también puede ser tratada desde los puntos de vista del *usuario* y el *adquiridor*, dado que está centrada en la calidad del producto después de la entrega del sistema, es decir, la percepción de la calidad por el usuario/adquiridor final. La usabilidad, calidad en uso, funcionalidad o experiencia de usuario son conceptos asociados a este tipo de calidad.

Finalmente, se puede concluir que los tipos de calidad anteriores están relacionados entre sí. Concretamente, la calidad esperada y la deseada son complementarias. Los usuarios y los desarrolladores deben trabajar siguiendo un diseño centrado en el usuario. Así, un producto software será de calidad cuando la calidad esperada y la deseada estén altamente solapadas. De esta forma, este elevado nivel de calidad será percibido por los usuarios cuando la calidad deseada y la alcanzada se centren en la consecución de las necesidades del usuario.

Estos seis puntos de vista de la calidad pueden reagruparse a su vez en dos puntos de vista más genéricos: *Usuario – Interacción*, y *Desarrollador – Adaptación*. El primero de ellos incluye a los puntos de vista del *usuario* y el *adquiridor*, mientras que el segundo incluye a los puntos de vista del *mantenedor*, *persona responsable de la implementación*, *desarrollador* y *evaluador*.

2.2 La calidad en la adaptación

En trabajos previos [2], hemos definido la QoA como *el grado con el que un conjunto de adaptaciones produce interfaces de usuario que permiten al usuario lograr objetivos específicos con usabilidad* (ISO 9241-11 [11]; ISO/IEC 25010 [12]) *en contextos de uso concretos*. Dentro del contexto de uso consideramos las características del usuario, de la plataforma (hardware y software), del entorno físico donde la interacción tiene lugar y de la tarea que el usuario está realizando.

En este sentido, Gjørven, Eliassen y Aagedal proponen en [13] que la QoA se use para valorar cuán diferentes son las salidas de una adaptación real de las salidas ofrecidas por un servicio de adaptación ideal. Los autores definieron un servicio de adaptación como el trabajo hecho (*work done*) especificado por un subconjunto de eventos de salida y aquello que provocó la petición del trabajo (*work request*), especificado por un conjunto

de entradas, a una componente o conjunto de ellas. De esta forma, un servicio de adaptación puede definirse como aquel cuyo evento de entrada es un disparador de la adaptación y cuyos eventos de salida son un conjunto de servicios que potencialmente han sido modificados o producidos durante la adaptación.

La QoA también puede describirse en términos de factores de calidad del software. En muchas instituciones se establecen grupos de profesionales encargados de seleccionar estándares, procesos y herramientas para garantizar la calidad del software [14]. De esta forma se consideran, por ejemplo, modelos de calidad y sus distintos factores asociados durante diferentes fases del ciclo de vida del software, concretamente durante el diseño, el uso y la adaptación. En este artículo nos interesa concretamente la última de esas fases, donde la QoA está incluida. En este ámbito, la QoA se describe de acuerdo a los siguientes seis factores de calidad [15]: facilidad de extensión, flexibilidad, portabilidad, reutilización, interoperabilidad e intraoperabilidad.

2.3 Calidad de adaptación en ISATINE

En la sección 2.1, se han presentado cuatro tipos diferentes de calidad de adaptación: esperada, deseada, alcanzada y percibida. Considerando la QoA, las distintas vistas de la calidad pueden definirse de la siguiente forma:

–La *calidad esperada de la adaptación* es la que surge de la relación entre los objetivos de la adaptación y los requisitos que el usuario espera que facilite una aplicación.

–La *calidad deseada de la adaptación* es la que aparece entre la especificación de la adaptación y las políticas de selección utilizadas para elegir entre las adaptaciones posibles, y el objetivo que persigue es lograr cierto grado de calidad derivado de la QoA esperada.

–La *calidad alcanzada de la adaptación* es la que surge cuando se implementa e interpreta una adaptación.

–La *calidad percibida de la adaptación* se presenta como la calidad de adaptación que percibe el usuario una vez ha hecho uso de la IU adaptada.

Una vez definidas las distintas perspectivas de la QoA, es interesante relacionar estos cuatro tipos con las distintas fases del marco de trabajo ISATINE. El objetivo de esto es clarificar qué tipo de calidad de la adaptación debe considerarse en cada momento.

1. *Objetivos de la adaptación* (Objetivos). Esta fase está relacionada con la *calidad esperada de la adaptación* en tanto en cuanto representa lo que se espera de la adaptación por parte de un usuario, un sistema o un tercero. Por ejemplo, en una página web que soporte actividades de comercio electrónico es necesario que las ofertas sigan estando presentes, aunque se adapte la interfaz.

2. *Iniciativa de la adaptación* (Iniciativa). Esta fase también está relacionada con la *calidad esperada de la adaptación* dado que, en este punto, el actor involucrado (usuario, sistema o tercero) muestra su voluntad de que se desencadene el proceso de adaptación, debido a que el estado de la interfaz no le permite lograr sus objetivos bajo el contexto de uso actual.

3. *Especificación de la adaptación* (Especificac.). En esta fase se especifican y seleccionan las adaptaciones que pueden llevarse a cabo para lograr cierto grado de calidad. El tipo de calidad que hay que contemplar es la *calidad deseada de la adaptación*.

4. *Aplicación de la adaptación* (Aplicación). Esta fase está también asociada con la *calidad deseada de la adaptación*,

resultado de la aplicación de las adaptaciones especificadas en la fase previa.

5. *Transición de la adaptación* (Transición). Es obvio que el cambio de la interfaz de usuario de la original a la adaptada debe realizarse considerando criterios de la calidad alcanzada. En esta fase, el actor encargado de la adaptación debe poder dar cuenta de la calidad lograda con la adaptación y facilitar que se retomen las actividades que venían realizándose antes de la adaptación. El tipo de calidad que se considera en esta fase es la *calidad alcanzada de la adaptación*.

6. *Interpretación de la adaptación* (Interpretac.). En esta fase surge la necesidad de ser capaz de justificar el nivel de calidad logrado fruto de la realización de la adaptación. Por tanto, en esta fase, los actores involucrados deberían poder interpretar o explicar las decisiones tomadas a través de la comprensión de ese tipo de *calidad alcanzada de la adaptación*.

7. *Evaluación de la adaptación* (Evaluac.). En esta fase se comprueba si los objetivos iniciales de la adaptación se han cubierto o no. Lo que puede ser interpretado como la calidad percibida de la adaptación que el usuario final tiene. Por ello, en esta fase, el tipo de calidad a considerar es la relacionada con la *calidad percibida de la adaptación*.

La Tabla 1 muestra un resumen con los tipos de calidad que se ven involucrados en cada etapa de ISATINE, así como los puntos de vista de calidad relacionados.

Tabla 1. Relaciones entre puntos de vista de la calidad, tipos de calidad y etapas de ISATINE

Calidad Vistas	Calidad			
	Esperada	Deseada	Alcanzada	Percibida
Usuario - Interacción	Objetivos Iniciativa			Evaluac.
Desarrollador - Adaptación		Especificac. Aplicación	Transición Interpretac.	

3. DISCUSIÓN

Se ha visto que es necesario un proceso que guíe la adaptación para poder crear adaptaciones adecuadas que no conlleven al rechazo por parte del usuario. Este proceso de adaptación debería ir más allá de la simple ejecución de la adaptación e incluir el punto de vista de la evaluación. ISATINE proporciona dicho proceso de adaptación, cubriendo desde el primer paso en que se da forma a la adaptación, hasta la evaluación de lo que el usuario obtiene de la adaptación. Como para cualquier otro proceso, la calidad debe ser considerada, de la misma forma en que la usabilidad es considerada en el diseño de una interfaz de usuario. Para ello es necesaria la utilización de un proceso de adaptación que considere dicha calidad en todas sus etapas.

El concepto de calidad (en este caso, de un proceso de adaptación) es algo abstracto que depende de múltiples factores, especialmente de las preferencias fijadas por el usuario con respecto al producto final (IU adaptada). La calidad, por tanto, se convierte en un elemento mayormente subjetivo que debemos considerar, y así poder determinar con claridad y cierta exactitud si dicha calidad ha sido alcanzada por el producto final (IU adaptada).

Como hemos visto, la calidad de adaptación depende del usuario y de sus objetivos, con lo que se pueden distinguir seis puntos de vista diferentes de la calidad. Además de estos puntos de vista, se pueden distinguir también cuatro tipos de calidad, dependiendo

del punto de vista desde el cual se describa: *calidad esperada*, *calidad deseada*, *calidad alcanzada* y *calidad percibida*. Así, hemos establecido las distintas relaciones entre estos puntos de vista y los tipos de calidad.

También hemos visto que, dependiendo de la etapa de ISATINE en la que nos encontremos, podemos hablar de un tipo de calidad u otro. Han quedado, por tanto, establecidas relaciones entre los puntos de vista de la calidad, tipos de calidad y las distintas etapas de ISATINE. A partir de estas relaciones, se podrán proponer mecanismos o técnicas que permitan especificar/medir la calidad de la adaptación en cada una de las etapas de ISATINE.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo, se ha descrito la consideración de la calidad en un proceso de adaptación. La *Calidad de la Adaptación* ha sido refinada para un mejor entendimiento sobre cómo este concepto aplica a las distintas etapas que incluye un proceso de adaptación. Garantizar que se alcanza un nivel de calidad adecuado durante el proceso de adaptación es imprescindible para que el usuario no rechace las adaptaciones realizadas y abandone el sistema, por ejemplo porque no comprenda qué ha ocurrido al realizar la adaptación o cómo retomar sus tareas tras la aplicación de dicha adaptación.

A lo largo del proceso de adaptación, se ha presentado cómo se puede considerar la calidad de la adaptación en cada una de las etapas de ISATINE. Esto permitirá en un futuro detallar qué técnicas o métricas encajan mejor dentro de cada etapa de dicho proceso. Al lograr esto, se podrá llegar a un mejor entendimiento sobre qué es la calidad de adaptación y cómo puede ser utilizada realmente en un proceso completo de adaptación.

También como trabajo futuro, nuestro objetivo será proporcionar un modelo de calidad de adaptación completo que guíe minuciosamente a cualquier diseñador de adaptación durante el proceso de diseño de las capacidades de adaptación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de España de Economía y Competitividad, y por los fondos FEDER de la Unión Europea bajo la subvención para el proyecto insPIre (TIN2012-34003). También ha sido financiado por el Ministerio Español de Educación, Cultura y Deporte, gracias a la beca FPU (FPU12/04962).

BIBLIOGRAFÍA

[1] H. Dieterich, U. Malinowski, T. Kühme, y M. Schneider-Hufschmidt, "State of the Art in Adaptive User Interfaces," en *Adaptive User Interfaces: Principles and Practice*, Elsevier B.V., 1993, pp. 13–48.

[2] V. López-jaquero, F. Montero, y P. González, "Quality of Adaptation: User Cognitive Models in Adaptation Quality Assessment," en *Computer-Aided Design of User Interfaces VI*, 2009, pp. 265–275.

[3] D. A. Norman, "Cognitive Engineering," en *User Centered System Design*, D. A. Norman y S. W. Draper, Eds. Hillsdale, Michigan, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 1986, pp. 31–61.

[4] P. B. Crosby, *Quality is free: The art of making quality certain*. New York: McGraw Hill Custom Publishing, 1979, p. 318.

[5] J. M. Juran y A. B. Godfrey, *Juran's quality handbook*. New York: McGraw Hill, 1999.

[6] IEEE Computer Society, *IEEE Std. 610 - A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. IEEE Computer Society, 1991.

[7] ISO, "ISO 9000 - Quality management systems - Fundamentals and vocabulary," 2000.

[8] G. Taguchi, *Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes*. Quality Resources (Octubre 1986), 1986, p. 191.

[9] ISO/IEC, "ISO/IEC 9126-4: Software Engineering - Software product quality - Part 4: Quality in use metrics," 2007.

[10] A. García Frey, "Quality of Human-Computer Interaction: Self-Explanatory User Interfaces by Model-Driven Engineering," Université de Grenoble, 2006.

[11] ISO/IEC, "ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability," 1998.

[12] ISO/IEC, "ISO/IEC 25010, Software engineering - Software product quality - Requirements and Evaluation (SQuaRE) Quality model," 2008.

[13] E. Gjørven, F. Eliassen, y J. Ø. Aagedal, "Quality of Adaptation," en *Autonomic and Autonomous Systems, 2006. ICAS'06. 2006 International Conference*, 2006, vol. 00, no. c, pp. 9–9.

[14] G. G. Schulmeyer, *Handbook of Software Quality Assurance*, 4th ed. Norwood, Massachusetts, USA: Artech House, 2008, p. 485.

[15] N. Ashrafi, "The impact of software process improvement on quality: in theory and practice," *Inf. Manag.*, vol. 40, no. 7, pp. 677–690, Aug. 2003.

[16] V. López-Jaquero, J. Vanderdonckt, F. Montero y P. González, "Towards an Extended Model of User Interface Adaptation: the ISATINE framework", en *Proc. of Engineering Interactive Systems, EIS'2007*, 2007, Salamanca, pp. 22-24.

UP4VED: Método de Desarrollo basado en el Proceso Unificado y en Buenas Prácticas para la Construcción de Entornos Virtuales

Jesús David Cardona Q.
Universidad Autónoma de Occidente
Cll 25 # 115 – 85 Cali-Colombia
(057+2) 318 80 00
jdcardona@uao.edu.co

Luis Joyanes Aguilar
Universidad Pontificia de Salamanca
campus Madrid-España
(034+91) 5141700
luis.joyanes@upsam.net

David Alejandro Castro B.
Universidad Autónoma de Occidente
Cll 25 # 115 – 85 Cali-Colombia
(057+2) 318 80 00
dacastro@uao.edu.co

ABSTRACT

En este artículo se presenta una propuesta metodológica denominada UP4VED (*Unified Process for Virtual Environment Development*), una metodología de desarrollo que se fundamenta en el Proceso Unificado y en buenas prácticas para la construcción de entornos virtuales; la metodología recoge las mejores propuestas planteadas en las metodologías existentes para el desarrollo de Entornos Virtuales (EVs), las consideraciones especiales para su modelado, los pilares del proceso unificado, así como las sugerencias del estándar SPEM 2.0 de OMG. Además, se expone el desarrollo de una aplicación denominada “Plataforma Para La Generación Asistida De Entornos Virtuales (3DGEN)” que tiene como proceso metodológico a UP4VED.

Categorías y Descriptores temáticos

D.1.1 [Applicative (Functional) Programming]: Software - Assisted generation platform for virtual environments;
D.2.10 [Methodologies]: Design - *Methodology for the development of virtual environments*

Términos Generales

Entornos Virtuales

Palabras Clave

Virtual Environments, Software Engineering, Unified Process, UP4VED, SPEM 2.0.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 1962 cuando Morton Heilig realizó la primera aproximación a un sistema de Realidad Virtual (RV) con su Sensorama, han sido varios los autores que han intentado definirla ([1], [2]). Para Cruz por ejemplo, el término RV hace referencia “a un entorno generado por computador, tridimensional, centrado en el espectador, multisensorial, interactivo e inmersivo, y a la combinación de tecnologías para construir dichos entornos” [2].

La necesidad de generar ilusiones de experiencias en mundos virtuales con cierto grado de presencia, al mismo tiempo que se potencia el grado de inmersión, requiere la combinación de varias tecnologías tanto hardware, como software, que hace difícil que todas las aplicaciones que se desarrollan puedan catalogarse como un sistema de RV. Aparece por tanto, el concepto de Entorno Virtual (EV) para reunir aquellos entornos que recrean en una pantalla de computador un espacio real o imaginario en 3D, en donde no se busca la sensación de inmersión sino la interacción en tiempo real con objetos tridimensionales ([3], [4], [5], [6], [7]).

Los EVs, proveen un medio interesante para experimentar una gran variedad de situaciones que pueden ir desde la simulación científica, pasando por entornos de aprendizaje y entrenamiento. Se puede observar como a partir del abanico de aplicaciones, usos, forma y medio de acceso de los EVs, puede plantearse la necesidad de agruparlos o tipificarlos dentro de “categorías”, dando origen a los entornos colaborativos, sociales, en red, tiempo real o videojuegos, además de la posibilidad de combinarlos dependiendo del marco de aplicación en donde se requiere su convergencia.

En los siguientes apartados se mostrará una recopilación del proceso para el desarrollo de la metodología UP4VED. Un panorama general, la estructura de UP4VED que se compone de las dimensiones del contenido del método, guía metodológica, finalizando con la presentación de una plataforma desarrollada con la metodología, así como las conclusiones del trabajo.

2. MODELADO DE ENTORNOS VIRTUALES

Uno de los aspectos más importantes que debe considerarse a la hora de abordar el desarrollo de un EV, es lo relacionado con el modelado de aquellos aspectos propios de estos sistemas y que no se consideran explícitamente en el desarrollo de otro tipo de software. Además de modelar el aspecto de los distintos objetos de la escena, también se debe considerar la forma en la que éstos reaccionaran en el mundo simulado y cómo se comportarán dependiendo de las reglas que se hayan considerado de acuerdo al contexto de aplicación. Para entenderlo de una mejor manera, vale la pena considerar los distintos procesos que se ejecutan en el momento que se lanza un entorno virtual: entrada, despliegue, interacción, simulación comportamiento y carga de objetos.

Debido a los procesos anteriores, aparecen algunos requisitos de modelado que se deben adelantar durante el proceso de desarrollo para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema. Dentro de los tipos de modelado esenciales para el desarrollo de un EV, se encuentran: modelado geométrico, modelado cinemático, modelado físico, modelado del comportamiento (comportamiento inteligente) y modelado de la interacción.

2.1 Modelado Geométrico

Este tipo de modelado siempre se debe realizar sin importar el tipo de EV a construir. El objetivo fundamental de este modelado, es determinar la forma y aspecto de los distintos objetos tridimensionales que formarán parte del EV. Debe permitir

determinar toda la información necesaria del objeto (en cuanto a forma y aspecto), que permita realizar operaciones de edición, visualización y cálculo de propiedades.

Uno de los elementos clave, una vez se ha determinado con claridad los requisitos y restricciones para cada uno de los objetos del EV, es la selección del tipo de representación geométrica más adecuada dependiendo del contexto de aplicación y del tipo de comportamiento esperado del objeto dentro del entorno. Entre los tipos de representación geométrica más representativos se encuentran: modelos o representaciones de sólidos, modelado de superficies y blobby objects.

2.2 Modelado Cinemático

A través de este tipo de modelado se busca definir el movimiento de los objetos dentro del EV independientemente de la causa del movimiento, es decir, solo se estudia la trayectoria del objeto a través del espacio. Según Choi, en el modelado cinemático se deben considerar los siguientes puntos: matrices de transformación homogénea, posición del objeto, jerarquía del objeto y visualización del mundo 3D.

2.3 Modelado Físico

El objetivo principal del modelado físico es integrar cada una de las características de los objetos virtuales, tales como el peso, la inercia, el modo de deformación (elástico o plástico). El modelado físico debe considerar la detección de colisiones, retroalimentación de fuerza y la textura háptica, las dos últimas especialmente para el caso de sistemas de realidad virtual [8]: detección de colisiones, retroalimentación de fuerza y textura háptica.

2.4 Modelado de Comportamiento

Se busca modelar el comportamiento que tendrán los objetos dentro del EV, considerando cada uno de los cambios como la posición, orientación, color, etc. [9].

Además del comportamiento de un objeto asociado a sus propiedades físicas o cinemáticas, también se debe tener en cuenta el comportamiento en cuanto a su nivel de inteligencia, es decir, las reacciones que deben tener los objetos que forman parte del EV. Por ejemplo, puede existir un objeto avatar para dar la bienvenida y orientar al usuario en un recorrido virtual. Aquí puede aparecer la necesidad de modelar el comportamiento de un objeto a través de lo que se conoce como agentes virtuales inteligentes, si se considera la solución más adecuada.

2.5 Modelado de la Interacción

Es uno de los tipos de modelado más importante debido a que precisamente la interacción, es una de las principales características de un entorno virtual. Para que este modelado sea realizado con éxito, se tiene que definir detalladamente cual será el grado de interacción que tendrá el usuario con los distintos objetos 3D, teniendo en cuenta la posición y la orientación del objeto para que la escena se vea real y coincida con la orientación que tendrá el usuario dentro del EV. Además, debe considerarse el tipo de dispositivo de entrada y de despliegue para seleccionar la técnica más adecuada dependiendo de los requisitos del sistema y el contexto de aplicación.

3. UN PANORAMA GENERAL DE UP4VED

UP4VED nace como propuesta para soportar el desarrollo de EVs, desde una mirada de la ingeniería del software y considerando las particularidades y retos que supone desarrollar este tipo de aplicaciones.

Este artículo presenta de forma general la propuesta metodológica y muestra las consideraciones que se tuvieron en cuenta para integrar no sólo los aspectos relacionados con el dominio de los EVs, sino también, su incorporación dentro del marco de un proceso de desarrollo genérico y prácticas asociadas a la ingeniería del software.

UP4VED plantea una estrategia fundamentada en la ingeniería del software para desarrollar EVs, así como la incorporación de buenas prácticas para desarrollarlos, con lo que se busca solucionar los inconvenientes que se han mostrado en el estado del arte y que se presentan comúnmente al final del proceso de desarrollo de un EV: EVs poco flexibles, monolíticos, arquitectura poco robusta, falta de documentación, carencia de mecanismos específicos para abordar las particularidades de modelado de este tipo de sistemas, así como, baja reutilización de sus componentes.

Una de las hipótesis de partida de la investigación planteaba que el uso de un proceso de desarrollo robusto, flexible, completo y estándar, convenientemente adaptado, mejora la construcción de entornos virtuales. Para el caso de UP4VED, se optó por el proceso unificado como modelo base sobre el cual soportar una nueva propuesta aplicada al contexto de los EVs.

Sin embargo, y a pesar de las bondades del proceso unificado, es posible plantear de forma general cinco grandes carencias del proceso unificado para el desarrollo de EVs, que no permiten gestionar adecuadamente los siguientes aspectos:

- Gestionar la interdisciplinariedad de los miembros del equipo de desarrollo: Inclusión de nuevos roles que garanticen el adecuado desarrollo de las actividades propias y particulares del dominio, al mismo tiempo que se asegure una traza adecuada de las actividades a través de los roles en cada una de las disciplinas que se proponen.
- Reutilizar componentes propios de los EVs: Incorporación de productos de trabajo dentro de las disciplinas de UP4VED, que permiten documentar y catalogar los distintos objetos 3D y multimedia que se desarrollan en un proyecto determinado. Estos registros, pueden servir para recuperar en un proyecto posterior aquellos elementos que se aproximen a los requisitos del entorno, lo que disminuiría tiempos de desarrollo. Es claro que no será posible en todos los casos reutilizar el cien por ciento de los modelos o componentes multimedia, pero los tiempos de ajuste y modificación pueden ser mucho menores que los de iniciar desde cero su diseño y construcción.
- Mejorar la comunicación entre participantes del desarrollo: Inclusión de productos de trabajo adecuados que permiten la participación de profesionales expertos dentro del proceso de desarrollo de un EV, para definir

aspectos de percepción, interacción, aprendizaje o procesos de colaboración para estimulación cognitiva.

- Capturar y gestionar adecuadamente los requisitos de interfaz gráfica 3D: Incorporación de mecanismos que permitan especificar y gestionar adecuadamente los requisitos de una interfaz gráfica propia de un EV. Por tanto, se incluyen roles, tareas y productos de trabajo, con el fin de capturar y gestionar adecuadamente las necesidades de interfaz gráfica 3D propias del dominio de los EVs.
- Modelar adecuadamente un EV: UP4VED incorpora en las distintas disciplinas del contenido del método, aspectos que permiten capturar requerimientos de desempeño en tiempo real, propiedades físicas y de apariencia de los objetos, función y comportamiento, además de permitir la consideración de diferentes estilos y modalidades de técnicas de interacción; consideraciones que no son consideradas en el proceso unificado.

Los puntos anteriores fueron considerados en UP4VED desde etapas tempranas del proceso de desarrollo, a través de la especificación de roles, tareas, productos de trabajo y flujos de proceso, que permiten abordar cada una de estas situaciones y gestionar de forma adecuada cada uno de los requisitos que se les asocia.

4. ESTRUCTURA DE UP4VED

UP4VED se presenta desde la perspectiva de dos dimensiones: el contenido del método y el ciclo vital. Este último conformado por actividades que se ensamblan a partir de la combinación y reutilización de los elementos definidos dentro de la dimensión contenido del método. El contenido de UP4VED está organizado mediante una jerarquía de paquetes, cada uno de los cuales incluye disciplinas, roles, tareas, productos de trabajo y guías. Por su parte, el ciclo vital de UP4VED está compuesto por la descripción de las actividades que conforman sus fases de desarrollo: inicio, elaboración, construcción y transición.

4.1 Dimensión Contenido del Método

Los cuatro elementos base del contenido de la metodología son: la tarea, el rol, el producto de trabajo y la guía. Adicionalmente, y tal como lo define SPEM 2.0, se hace uso de un elemento de clasificación que se denomina categoría para agrupar los contenidos. Las categorías que conforman el contenido de UP4VED son: roles, tareas, productos de trabajo, guías y disciplinas.

Cada una de las disciplinas de la metodología, agrupan productos de trabajo y tareas que son responsabilidad de los roles definidos para tal fin. UP4VED define cinco disciplinas en donde organiza todo el contenido del método: requisitos, análisis y diseño del EV, implementación 2D y 3D, pruebas y gestión del desarrollo del EV.

4.2 Dimensión Ciclo Vital

Al igual que en la dimensión de contenido, el ciclo vital de UP4VED se organiza y jerarquiza mediante paquetes de proceso, que en este caso, corresponden a las fases definidas para la metodología: inicio, elaboración, construcción y transición.

Dentro de cada fase, se definen las actividades que se deben desarrollar y los hitos para cada una. Las actividades son consideradas como la unidad de trabajo general de UP4VED, las cuales se configuran a partir de las tareas, roles y productos de trabajo definidas en la dimensión contenido.

5. PLATAFORMA PARA LA GENERACIÓN ASISTIDA DE ENTORNOS VIRTUALES

Una vez propuesto UP4VED, se planteó la posibilidad de incorporar la metodología en el desarrollo de varios entornos virtuales, siendo uno de ellos, la plataforma para la generación asistida de entornos virtuales (3DGEN) en donde se encuentra involucrado el Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada – GITI, de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO), Cali, Colombia, como parte de sus apuestas de consolidación e investigación en torno a los gráficos 3D en tiempo real, en este caso es el área de los EVs.

3DGEN es una plataforma software que asiste la generación, publicación y gestión de entornos virtuales multiusuario sin necesidad de contar con conocimientos en programación. Las experiencias interactivas 3D derivadas de la plataforma, integran conceptos de social media, trabajo colaborativo y monitoreo de la actividad del usuario.

UP4VED jugó un papel muy importante para la captura y gestión de los requisitos específicos para este caso, usando los diferentes productos de trabajo planteados como resultado de la ejecución de las distintas tareas que conforman las disciplinas de la metodología. La captura de los requisitos asociados directamente con el EV no hubiese sido adecuadamente manejada por las metodologías existentes para EVs y menos, por un modelo o metodología de desarrollo de software usada comúnmente en otro tipo de aplicaciones.

Por otro lado, la gestión apropiada y coherente del modelado propio del dominio de los EVs, es una de las fortalezas de UP4VED, un modelado que va más allá del modelado que comúnmente se hace en el desarrollo de otro tipo de software (que también incluye la propuesta metodológica). Esta fortaleza se vio reflejada en este desarrollo especialmente por las necesidades particulares de modelado del recorrido virtual de prueba que se implementó en lo referente a interacción, geometría, cinemática, comportamiento y física de los objetos 3D del EV.

El ciclo vital de UP4VED orientó de manera adecuada el desarrollo del EV, permitió guiar cada una de las fases definidas y adoptar las recomendaciones realizadas por la metodología, respecto a las responsabilidades de los roles participantes en la ejecución de tareas y generación de los respectivos productos de trabajo. Vale la pena resaltar los elementos más representativos de UP4VED para este caso y que jugaron un papel importante en el desarrollo desde el punto de vista del concepto de EV.

Se pudo observar como ganaron protagonismo las tareas y productos de trabajo asociados directamente con el modelado específico del EV, así como sus responsables (roles). Estos elementos importantes del proceso de desarrollo, no son contemplados por otras propuestas metodológicas específicas revisadas en el estado del arte y mucho menos, por la versión base del proceso unificado.

Otras funcionalidades requeridas como la gestión de usuarios y gestión de objetos del EV, fueron especificadas y modeladas a través de los productos de trabajo definidos para tal fin y que corresponden a las salidas de las distintas tareas que debían realizarse en cada una de las fases del ciclo vital.

UP4VED mostró su potencial con el desarrollo de este primer EV puesto que facilitó la adecuada captura de los requisitos funcionales propios de los EVs, así como los asociados a los módulos de gestión requeridos. Las consideraciones de modelado y su afinamiento a los largo del ciclo vital, no revistieron complejidad debido a los productos de trabajo incorporados dentro del marco de la propuesta.

Finalmente, al contar con un proceso documentado que permite hacer traza del proceso, así como la definición clara de cada una de las necesidades específicas de modelado a través de los distintos productos de trabajo planteados y ajustado a las necesidades de desarrollo de este tipo de aplicaciones, facilita el desarrollo de nuevas funcionalidades que permitan el uso la plataforma para otros contextos de aplicación como la identificación de riesgos en escenarios o para su integración a plataformas E-Learning.

6. CONCLUSIONES

La conceptualización de entorno virtual y la identificación de los elementos clave de modelado para este tipo de sistemas, se complementa con una revisión completa de las propuestas existentes para el desarrollo de entornos virtuales. Esta información, se puede decir, forma parte hoy en día, de una de las fuentes más completas alrededor del concepto de entorno virtual y de los modelos de proceso existentes para soportar su desarrollo.

La identificación de las debilidades de las propuestas de desarrollo existentes para soportar la construcción de entornos virtuales, descritas anteriormente, mostraban la necesidad de abordar la problemática desde la mirada de la ingeniería del software, por tanto, el paso que seguía era determinar si las metodologías genéricas de desarrollo de software se ajustaban a las necesidades particulares de los entornos virtuales. La investigación abordó esta situación, realizando una revisión de las metodologías genéricas para el desarrollo de software, profundizando en el proceso unificado por su madurez dentro de la industria del software y por las distintas propuestas que se han realizado a partir de sus pilares.

La utilización de UP4VED en el desarrollo de varios proyectos, ha permitido ir consolidando la metodología y mostrando su potencial para asistir el desarrollo de entornos virtuales, en especial, se destaca el proyecto 3DGEN como plataforma que ha recibido reconocimientos y que actualmente se encuentra en etapa de validación en el mercado.

Finalmente, se está planteando como trabajo futuro, proponer una versión más ligera de UP4VED, que permita su fácil adopción en pequeños equipos de desarrollo, así como para situaciones en las que la evolución y adaptación del producto de acuerdo al surgimiento de nuevos requerimientos o modificaciones de los existentes, ocurre durante el proceso de desarrollo de un entorno virtual.

7. REFERENCIAS

- [1] Gigante, M.A., *Virtual Reality: definitions, history and applications*, in *Virtual Reality Systems*, ed. by R.A. Earnshaw, M.A. Gigante, H. Jones. London: Academic Press, 1993.
- [2] C. Cruz-Neira: *Virtual Reality Overview*. SIGGRAPH'93 Course, No 23, pp. 1.1-1.18. 1993.
- [3] Kim, G. *Designing Virtual Reality Systems: The Structured Approach*. Springer. 2005.
- [4] Stuart, R.: *The design of virtual environments*, New York: McGraw-Hill, 1996.
- [5] Singhal, S. y Zyda, M.: *Networked Virtual Environments: design and implementation*, ACM Press. 1999.
- [6] Ellis, S., What are virtual environments?, en *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 14, no. 1, 1994, pp. 17-22.
- [7] Vince, J., *Virtual Reality Systems*, Addison-Wesley, 1995.
- [8] Burdea, G. y Coiffet, P. *Virtual Reality Technology*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [9] Alexandre, T.: "Using Design Patterns To Build Dynamically Extensible Collaborative Virtual Environments" En: 2nd international conference on Principles y practice of programming in Java 21-23, 2003.
- [10] Kim, G., Kang, K., Kim, H. y Lee, J.: "Software Engineering of Virtual Worlds" En ACM symposium on virtual reality and technology. 1998.
- [11] Lozano, M. Departamento de Informática, Universidad de Valencia - Entornos virtuales 3D clásicos e inteligentes: hacia un nuevo marco de simulación para aplicaciones gráficas 3D interactivas. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, Vol. 8, Nº. 23, 2004, , pags. 85-94. 2003.
- [12] Bouras C. y Filopoulos A. Distributed virtual reality environments over web for distance education. University of Patras, Computer Engineering and Informatics Department, Grecia. 2005.
- [13] Brutzman D., Zyda M., Watsen K., Macedonia M. *Virtual Reality Transfer Protocol (vrtp) Design Rationale*. Workshops on Enabling Technology: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE): Sharing a Distributed Virtual Reality, MIT, Cambridge Massachusetts, June, 1997.
- [14] Burdea, G. y Coiffet, P. *Virtual Reality Technology*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [15] De la Rosa, F.; Córdoba, E. y Cardona, J.D. "Entorno Virtual de Aprendizaje como apoyo a la Educación a Distancia" en *Revista de Investigación Interdisciplinaria, Innovación de productos, materiales y automatización de procesos industriales*. Universidad Nacional, Colombia. ISSN 20112416. Número 4. 2013.
- [16] Lionel Bennes, Florence Bazzaro, and Jean-Claude Sagot. 2012. Virtual reality as a support tool for ergonomic-style convergence: multidisciplinary interaction design methodology and case study. In *Proceedings of the 2012 Virtual Reality International Conference (VRIC '12)*. ACM, New York, NY, USA, , Article 24, 10 pages.
- [17] Jinseok Seo and Gerard Jounghyun Kim. 2004. Explorative construction of virtual worlds: an interactive kernel approach. In *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry (VRCAI '04)*. ACM, New York, NY, USA, 395-401.

Learning with an IT tool: analysis of the student's activity

Jean-François Hérold
Aix Marseille Université, ADEF EA 4671
13331, Marseille, France
+33 (0)4 91 10 75 75
jean-francois.herold@univ-amu.fr

ABSTRACT

In France, more and more teachers use an IT tool in their teaching sequence. This raises the question of the effectiveness of this type of tool for student learning. In order to answer this question, we initiated a research program to determine the elements to be taken into account to ensure the effectiveness of the teaching-learning process with an IT tool. For this, we rely on an analysis of student activity in the classroom, through the main results given by the theory of cognitive load. We present in this paper the results of three experimental studies.

General Terms

Performance, Design, Human factors, Theory

Keywords

Information Technology – Learning – Interaction – Analysis of activity – Cognitive load theory

1. INTRODUCTION

The research presented in this paper focuses on the analysis of the interactions between the learner and the information technology (IT) tool used in the teaching situation. This paper outlines a research work to explore the use of IT tools in teaching situations. In such teaching situations, according with ergonomic studies from research works, learners have to know how to use the IT tool (the “procedural process”) and to know why to use this tool (the “meaningful process”), and if we analyze this, we can define which kind of knowledge students need to use IT tool, to search information and to use it (Ginestié, 2013).

In France, the different curricula of the National Education emphasize the use of IT tools in the classroom. As Baron &

Bruillard (1997) say, in the school context, information technology corresponds to different uses like educational technology (multimedia software, Internet), software tools used in school work, office automation software (word processing software, spreadsheet ...). In such case, teaching situation with an IT tool becomes a system where entities like student, teacher and IT tool are in interactions. These interactions cannot be understood in a simple way. One possibility is then to analyze the activity of these actors in real time in the teaching situation instrumented with an IT tool, especially to analyze the learning undertaken by learners, or not, during their activity (Ginestié, 2013). It is then, in particular through the analysis of the activity of the student, to determine what elements of the teaching situation interfere with learning, those that promote learning, in order to better use IT tools in the classroom.

This paper aims to show that according to how IT tools are implemented by teachers in the classroom, it may be limitations in the effectiveness of student learning. So, it is necessary to identify what are the elements of the IT tool that the teacher has to take into account to ensure a certain effectiveness of the teaching-learning process for the students : knowledge about the use of the software, characteristics of the HMI (Human-Machine Interface), nature of the help (Hérold, 2008, 2012). A cognitive analysis of the activity of students allows understanding some indicators of learners' profiles, with a good efficiency from the viewpoint of learning and answers to the needs of learners (Ginestié, 2013). The cognitive analysis is based on how students do the task in according to the learning of knowledge referred (Hérold, 2012). So, a cognitive analysis of the activity of students is a possibility to identify the elements of the IT tool that helped students or prevent them from doing the prescribed task, by highlighting knowledge used by students, their skills; and thus, to ensure a certain effectiveness of the teaching-learning process with the IT tool.

2. THE TEACHING-LEARNING PROCESS WITH AN IT TOOL-BASED ENVIRONMENT

The use of an IT tool in a learning situation often involves, for the student, to have to perform two tasks: the learning task corresponding knowledge covered by the teaching situation and the task of using IT tool used in the teaching situation (Amadiou & Tricot, 2006). If the student does not have

sufficient knowledge to perform these two tasks, then she/he will be very quickly in cognitive overload (Sweller, 2010), especially if the prescribed task requires some time to be achieved by the student (Barrouillet et al., 2004). So the student does not learn if it is a learning phase or she/he fails if it is an activation phase of knowledge. Indeed, Sweller's cognitive load theory is a psychological theory which takes into account phenomena of cognitive overload in learning activities. Sweller raises the question of what are the elements of the learning situation which the student learns or does not learn. Especially, an analysis of the consequences of the various cognitive load effects in terms of element interactivity is discussed (Sweller, 2010).

Therefore make use of an IT tool for students in the classroom, requires the teacher, or the designer of IT tools, to analyze the prescribed task in order to take into account the possible extraneous cognitive load imposed by the use of the IT tool due to a lack of knowledge to effectively help students in their learning. Extraneous cognitive load is cognitive load that is not necessary for learning and that can be altered by instructional interventions (Van Merriënboer & Sweller, 2005). This kind of cognitive load is due to activities that do not contribute to do the main activity (like solving a problem, design a part, for instance).

Also, the research questions are how the use of an IT tool facilitates or impedes learning; what knowledge of the IT tool the student must have to learn the target knowledge of the teaching situation with an IT tool.

The research presented in this paper tries to answer these questions by analyzing the activity of students in class. Analyze the activity of students in class with a cognitive approach is:

- to understand what knowledge they use to perform the task, that knowledge is appropriate or not, what skills they implement to try to solve the problem of the prescribed task;
- to highlight times when students are in a deadlock and, in that case, what are the cognitive processes that redirect their activity.

To illustrate this, we present three studies: two exploratory studies, one on the use of Solidworks and one on the use of a software selection of parts in the design of a refrigeration system; and a study on the use of Excel spreadsheet in class.

3. EXPERIMENTATIONS

3.1. Exploratory studies

The methodological device used for the two exploratory studies is to observe students' difficulties to perform the tasks during a teaching sequence. Observational data collected about students' activity are mainly about the understanding of the instructions (by moving quickly into action), the self-confidence (students are working continuously, without give up) and their skill to collect the data to solve the problem of the prescribed task.

3.1.1. A study on the use of Solidworks

Solidworks is a 3D design software mainly used for the design of mechanical parts. It is also used for the simulation (deformations of parts, assembly ...). In education, in France, Solidworks is used in Technology education and in some professional training.

The study was conducted with students in Technology education (8th grade, thirteen- fourteen years old students). We observed the activity of twelve students during a teaching sequence devoted to a rapid start of the software Solidworks (time used in this activity: fifty minutes). The teacher had planned a task of designing a simple mechanical part and gave explanations on the use of software as and as students progressed in their task performance ("learning by doing" principle).

The students had a lot of difficulties in doing the job. Students often accosted their teacher to request additional information on using the software, where they had to click, which icon should be used. Most of the students were in a deadlock without possibility to do something else. Therefore, the course was much parceled; students learned little.

We then proposed the teacher to change the banner icon HMI to suit the students' knowledge as and when they are learning. After analyzing the prescribed task, we defined, with the teacher, which icons should be displayed at each phase of the exercise. At the beginning of the exercise, the students have thus a minimal interface, and new icons were introduced by the teacher as and when required by the task at hand. At the end of this second version of the sequence of instruction, all students were able to do the job.

Here, so, it is the extraneous cognitive load imposed by the nature of the HMI software application which penalized students. Many icons in the taskbar software, due to the fact that the software has many features, hampered students in their learning task by imposing a high cognitive load. In limiting icons strictly necessary, ie the icons that the student needs to do the task at a given time, the extraneous cognitive load imposed by the nature of the HMI is strongly reduced. As a result, that frees cognitive resources for the student, which allows him to do the exercise, and so, to learn.

By introducing the useful icons as the work of students progresses, students more easily learn new software features (principle of the guidance fading effect of the cognitive load theory; see Renkl's research findings, Renkl et al. (2000, 2002), for instance). Also, since at the beginning students are totally beginners in using the software, they need to be strongly guided. In that case, teaching provides to the students scaffolds for doing the task with meaningful learning (Bruner, 1983), in carrying out the elements of the task for which students do not yet have all the necessary knowledge.

3.1.2. The design of a refrigeration system

Twelve students (11th grade, sixteen-seventeen years old students) participated in this experiment. These are students who were learning to become a technician in industrial refrigeration systems.

The experiment consisted in producing a training sequence dedicated to the selection of a compressor for a refrigeration system. The researcher collaborated with the teacher in order to discuss a specific activity. Two versions of the training sequence have been made. In the first version, students used a paper catalog. In the second version, the students had access to a parts' selection software of the same manufacturer. Prescribed task was to select a compressor whose characteristics meet the constraints of the specifications of the refrigeration system and design the system. The students had four hours to do the work. They worked alone, independently. The teacher answered students' questions when necessary.

The main results show that students have a lot of trouble finding the information in the catalog. They fail to select the

right information, sometimes written down the page. Furthermore, information needed to choose the right compressor were on different pages of the catalog. Also four students have not selected the correct compressor, eight students have selected a compressor meet the performance criteria. But no student has succeeded in the correct dimensioning of the installation (incorrect installation diagram, some specifications have not been taken into account ...). This is mainly due to the fact that students were forced to browse the catalog to find all the information needed to design the system. Also, they did not take into account certain important parameters. With the catalog, the synthesis is on the responsibility of the student, which is difficult, therefore cognitively expensive task.

For the version of the training sequence with the selection software, students were much more successful. All students have chosen the right compressor and proposed an operational system. Informations relevant to a good selection of different elements of the system have all been taken into account. Only one student made a mistake on the pressure reducing valve. With the selection software, research methodology information has been properly respected. Students were quickly felt comfortable with the software, even students in greatest difficulty. They easily understand the running of the plant through the block diagram generated by the application.

This success is mainly due to the fact that it is the software that makes the synthesis. The student gives the operating conditions of the system and is guided by the software to make the necessary choices. Extraneous cognitive load is lower in this case. The student can thus devote more cognitive resources to complete the exercise. However, it is necessary that the teacher makes a presentation using the software.

3.2. The use of Excel spreadsheet at school

In a certain number of education sections, spreadsheets are often used because they are one of the IT tools that students will have to use in their future career. But a spreadsheet is first and foremost software which is used by people who know the using of a spreadsheet, who understand jobs that require using IT of this kind. The software developers of the IT tool spreadsheet think that these users have, or are presumed to have, a mastery of the concepts of arithmetic averages, data extraction and classification, connectives. However, the spreadsheet is used in class as a tool in a teaching sequence. At school, the student has to learn how to use the software, whilst also being required to learn the concepts of the profession, to solve the problems set by the teacher in the context of learning tasks or evaluations. As a result, the use of a spreadsheet in activities of this kind forces the student to learn, to master how a spreadsheet works *and* to solve the set problem. If the student does not have the necessary knowledge to use the spreadsheet and solve the problem of the prescribed task, then she/he finds her/himself quickly in cognitive overload, and she/he cannot learn.

In this study, we analyzed the students' activity in order to know the strategies effectively used by students when using the spreadsheet. In this analysis of the students' activity, we are trying to find out what knowledge they used and what evaluations they carried out on the result of the procedures used. This study was conducted for eight 17-18 years old (12th grade) in a vocational secondary marketing school. Eleven questions were put into an Excel file, where each spreadsheet represented a question. Each question was of varying difficulty and looked at formats for representing data, using graphs, the use of single and multiple sorting. Each session

lasted for an hour. The students did the same test on the spreadsheet with the same displayed toolbar.

Data collections for process analysis have been done with records of detailed view of the uses of spreadsheets. To capture all actions appearing on the screen during interaction, the software Camtasia Studio© by TechSmith was used. A free video player is used to re-play all recorded videos. These data were triangulated with direct observations (field notes). Just after the record, every student was able to view and observe their own "path" with the help of the mouse video with the possibility to comment them at loud voice. All the remarks were transcribed. So, researches data consist of mouse videos, transcribed group discussions and interviews.

Results show that the student is in great difficulty or not, the student uses prior knowledge after a mental representation change when she/he doesn't know to do the task, or sometimes after an evaluation of her/his actions. These prior knowledge have been built in other situations than those using spreadsheets. So, they are not fitted to situations using spreadsheets. With "*Copy/Paste*" for instance, you copy the formula and not the cell content. Therefore, before using a spreadsheet to solve problems, the student has to know the spreadsheet functions needed to do the task. So, when students use a spreadsheet, students need to know how it works, the specific form it takes.

The use of a spreadsheets by a student in classroom with learning tasks represents a cognitive overload due to the extraneous cognitive load (Van Merriënboer & Sweller, 2005), which may be higher or lower depending upon the student's knowledge of the spreadsheet tool. This extraneous cognitive load will be reduced if the student possesses enough specific knowledge about spreadsheet, and will allow cognitive resources to be called upon to do the task. So, the student must have built some "spreadsheet procedural knowledge". But she/he does not need to know *all* the functions, only those that are useful in solving the problem will be used.

Furthermore, results show the help of the software is not useful to students, it is a help for people who know the using of a spreadsheet. So, the vocabulary and syntax structures need to be adapted for students. Therefore, learning how to use this help, how to understand it, is necessary.

4. CONCLUSION

The first results of our research presented in this paper show that the use of an IT tool can either be a hindrance or an obstacle to learning, or, conversely, help learning for students. Therefore, it is necessary to precisely identify the elements of use of an IT tool in class. The effectiveness of the teaching-learning process with an IT tool will then depend on the relevance of this preliminary analysis.

Research work in this direction is underway. We choose as study framework the use of software-assisted learning in algorithms or computer languages learning sequences, for students of the first year of higher education (Ovono et al., 2014).

So, a better understanding of human-machine interactions is necessary. Specifically, teacher must have a new role as situations' manager rather only knowledge referent (Ginestié, 2013). That is why it is necessary to develop understanding about IT tools in class in order to imagine school situations that allow students elaboration of operational tools they

master, notably about the significant knowledge they need to give meaningful to their learning.

This better understanding of human-machine interactions is necessary especially for the design of intelligent tutoring system.

Introduction d'un logiciel de simulation d'algorithmes dans le processus enseignement apprentissage de l'algorithmique chez les apprenants débutants de l'ENSET de Libreville. Paper presented at the 4e colloque International du RAIFFET « Éducation technologique, formation professionnelle et formation des enseignants », Marrakech (Maroc).

5. REFERENCES

- [1] Baron, G. L., and Bruillard, E. 1997. Information technology in French education: implications for teacher education. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 6:3, 241-254. DOI: [10.1080/14759399700200016](https://doi.org/10.1080/14759399700200016)
- [2] Ginestié, J. 2013, 2-6 December. *Giving meaning to the use of tools: some elements of discussion about ICT in the French curriculum of technology education.* Paper presented at the 27th PATT Conference, Christchurch (New-Zealand).
- [3] Hérold, J.F. 2008. Conception et réalisation d'un outil informatisé d'aide à l'apprentissage. In M. Sidir, G.-L. Baron and E. Bruillard (Eds.), *Journées Communication et Apprentissages Instrumentés en Réseau* (pp. 265-276). Paris: Hermès France.
- [4] Hérold, J.F. 2012. Analyse cognitive de l'activité de l'élève pour une personnalisation d'un environnement numérique d'apprentissage. *Revue STICEF*, 19, 285-307.
- [5] Amadiou, F., and Tricot, A. 2006. Utilisation d'un hypermédia et apprentissage : deux activités concurrentes ou complémentaires ? *Psychologie française*, 51, 5-23.
- [6] Sweller, J., 2010. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123-138.
- [7] Barrouillet, P., Bernardin, S., and Camos, V. 2004. Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology*, 133(1), 83-100.
- [8] Van Merriënboer, J. G., and Sweller, J., 2005. Cognitive load theory and complex learning: recent developments and future direction. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.
- [9] Renkl, A., Atkinson, R., and Maier, U. H. 2000. From studying examples to solving problems: fading worked-out solution steps helps learning. In L. Gleitman and A. Joshi (Eds.), *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 393-398). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [10] Renkl, A. 2002. Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and Instruction*, 12, 529-556.
- [11] Bruner, J. 1983. *Le Développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire.* Paris : Presses Universitaires de France.
- [12] Ovono, M. S., Hérold, J.F. and Ginestié, J. 2014.

Generic Classifier Potential Users of Visual Systems

Laura Patricia Ramírez Rivera

UAM-Azcapotzalco

Av. San Pablo No. 180
C.P. 02200 D. F. México

Tel: +52 (55) 5318-9000

lprr@correo.azc.uam.mx

yargakiss@hotmail.com

Risto Fermin Rangel Kuoppa

UAM-Azcapotzalco

Av. San Pablo No. 180
C.P. 02200 D. F. México

Tel:+52 (55) 5318-9000

rrk@correo.azc.uam.mx

risto.rangel@hotmail.com

ABSTRACT

The area of visualization has been widely developed since it provides users the capability to obtain and assimilate information from complex data, therefore a lot of applications and systems that generate such views have been created. Still, certain questions have not been fully answered yet, for example, what kind of visualization can be more useful in certain types of users? or which displays for different deployments are better accepted? Such problems are highly related to the design of graphical user interfaces which involve obtaining key features that allow us to differentiate user productivity observed depending on the type of display and deployment tendencies. The study we are reporting is intended to include the analysis of mental processes developed by the user in order to characterize and to record the actual productivity gained.

Categories and Subject Descriptors

H.5 [Information Interfaces and Presentation]: Miscellaneous

General Terms

Human Factors

Keywords

Visual systems, user classification, mental model.

1. INTRODUCTION

This project is set to obtain a classification of various types of users who need to use a visual system; a visual system is defined as an information system whose purpose is to display views that represent some type of numeric data. This classification should be performed taking into account the needs, tastes and abilities of users. To perform the classification we used sample group defined by age, gender, prior knowledge, etc.

Scientific visualization is an area responsible for processing complex data in order to obtain a display that helps users obtain information from the data. There are many types of displays directed to different areas of research. Scientific visualization should teach, develop and disseminate scientific visualization tools to help researchers.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Researchers working at different areas of a country can improve their collaboration by using computers; unfortunately this involves an extra cost that sometimes not everyone nor every institution can deal with.

2. BACKGROUND

The background of this project is based in the experience of one of the authors while she was working with video walls (A video wall is a large display and high resolution formed by a group of screens) during her PhD studies [Ramirez-13]

Video walls are a scientific-visualization tool that enables the deployment of high resolution visualizations over a large are. One advantage provided by such tool is that it enables the user or users to visualize large amounts of digital data as they are rendered on various displays for easier understanding. In addition to its large size the video wall used in the research includes a surround environment that enhances the user's attention.

Most video wall applications are created to solve specific problems. After analyzing each problem it is possible to obtain a hierarchical abstraction of the problem to identify the major components necessary in the development of its visualization applications; the development of such applications is complicated because it involves various aspects (display, networking, human-computer interaction, etc.). Unfortunately, the nature of research itself makes impossible to have a standard template to generate any kind of visualization application. Although generalized functions can be obtained due to common functionality.

Generalized functions can be identified irrespectively of the final application and be applied to an initial model. The use of such model can be used in the construction of distributed interfaces but would require an interface handler. The handler would facilitate the deployment of any type of display environments in video walls. One of the authors thesis proposed a model based on the object-oriented paradigm that will create a distributed window-manager.

The proposed model is based on layers, where each layer is responsible for performing each of the generalized functions. The window manager creates a distributed remote desktop, facilitating generation of applications for video walls. The main components of the model are distributed visual objects, which have their origin in the composition of distributed objects and visuals.

Another precedent of the research done is one of the authors master's project [Ramirez-08] that involved purchasing the video-wall hardware for its construction. The construction of what is now known as CinvesWall (video wall located at Cinvestav laboratories) allowed the generation of applications that accept the rendering of high resolution visualizations. One of the first applications developed in CinvesWall was a Visual Data Mining

(MDV), developed in order to obtain data from various sources and generate the Pearson correlation. Mining can displaying multiple windows containing 3D spheres with information related to mean, variance and standard deviation of an input dataset. Windows were controlled by a mouse (see Figure 1).



Figure 1. Cinveswall

Both projects were aimed at creating a base component that could become the basis for a distributed window manager. The window manager is responsible for allowing any type of application to be displayed on the video wall.

Many application tests were conducted, most of the cases, the problems of user interaction were evident. The usability of applications in such environments has not been fully described. These usability problems seem to keep away scientists that could otherwise make use of scientific visualization and improve their results. To overcome usability issued we began constructing the mental models generated by the video-wall users [Soren-05].

There are studies that attempt to characterize video walls through their advantages and disadvantages compared to other forms of deployment, Elaine [Elaine-06] discussed the behavior of users considering collaborative systems that work on video walls. George [George-00] defined a desktop in three dimensions to improve user interaction with large displays. Dan [Dan 07] conducted an evaluation of various interfaces for users of many systems try to identify the characteristics that make an interface is good. What one of the authors proposed was to start the research from the user's perspective. Knowing what type of data used, what type of deployment required, which display achieves better understanding of the results, so that at the end it is possible for us to identify the user and provide full implementation and the deployment needed. The research involves scientific visualization supporting other disciplines to improve their performance through appropriate use of technology, and to avoid, as far as possible, to worry about learning a new tool. Researchers need a familiar and simple application to use. To achieve such goal it is necessary to obtain a classification of the potential users of a visual system from different perspectives (taking the specific characteristics of each user) in order to obtain a generality towards defining a model of user behavior visual systems (mainly scientific visualization).

3. OBJECTIVES

For this project it is very important to recognize the type of users requiring a visualization system. The users were differentiated by the type of data they use and the deployment needs. The

hypothesis of this project is that one can obtain a classification of different types of visualization-system users based of generalized functions. Therefore the main objective of this project is to obtain a generic classification of the visualization-system users while taking into account most of the required features.

Particular objectives are:

- Determine the most important characteristics of a generic user.
- Define user groups and subgroups to be considered within the classification of users.
- Define the skills of the users regarding the visual systems to consider.
- Define a generic classification of user characteristics, taking into account the above definitions.

3.1 Methodology

We propose the following methodology to achieve the classification:

- Research classifications of visualization system users.
- Conduct analysis of classifications previously investigated, obtaining the most important aspects.
- Conduct analysis of each characteristic evaluated in previous classifications.
- Define a classification that takes into account the characteristics considered most relevant to the visualization systems.
- Evaluate the classification with real users.

4. FIRST APPROACH USER CLASSIFIER

The first approached that we obtained was a user classification in Online Communities [Adi-12]. The classifier built in that case made division of web activities. Those activities were to answer public questions using the online services, make questions and wait responses. User features were topic knowledge, politeness, etc. because such features describe the user type. We defined a classifier as a conceptual diagram that summarized the perspective of online communities (see figure 2).

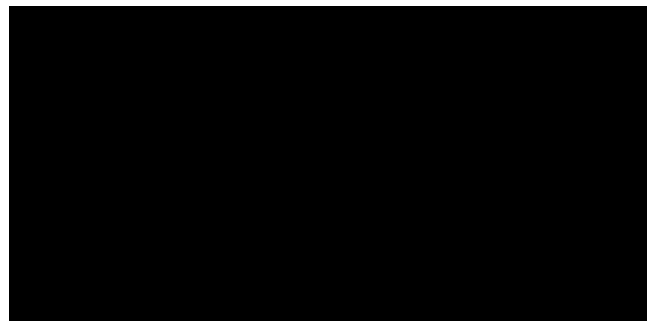


Figure 2. User classification in Online Communities.

The user profile definition includes interests, characteristics, behaviors and preferences. The construction of the user behavior profile was online mode of data stream, and they extract an ordered sequence for recognizing events. They present the classifier as a mapping from the features space to the class label space. The feature space was defined by distributions of event subsequences. The class label space represents a specific behavior which is one of the prototypes proposed (see figure 3).

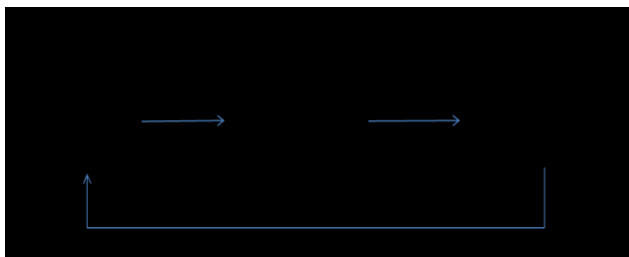


Figure 3. Construction of the user behavior profile.

4.1 User classification of visual systems

The main features we took into account were data kind, and visualization kind per data. We can explain better this perspective showing the relationship that exists between both data and visualization data (see figure 4).



Figure 4. User classification of visual systems.

Additionally we matched data and its appropriate visual representation. In order to get the knowledge from the data-representation relation (see figure 5), we had to explain our experience with the mental model of large displays users.

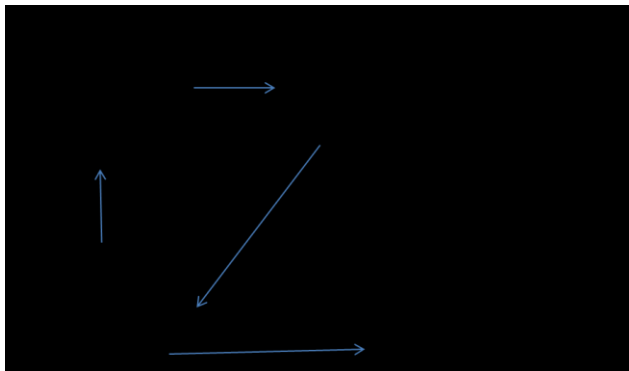


Figure 5. Relationship between user and knowledge.

4.2 User experiences building mental model for large display

The CinvesWall is our large display used in testing. Introducing user to CinvesWall causes curiosity and many people want to use it. Most of the users were school-aged children visiting Cinvestav installations. In groups of 12 to 18 years old their first impression was similar, they asked: "Can I play a video game or watch a movie in it?" They, probably, think in video games and movies most of time and when they see a large displays they related them to movies. Although, 12-18 aged groups lost interest when formal explanations started. Older groups made questions such as: "How do I use it? How can I manipulate it?" The students started to manipulate the application when they were told about the centralized manager. Although, most of them seemed to be disappointed when they

realized the distributed application was a simple drawing software.

Users' response changed drastically in the 19-25 years range. They did not have problems interacting with the visualization server but when the interaction was directly with the large display using the input device that makes the moves recognition they appeared somewhat intimidated for the size of the display in front of him. The questions made in that case were: How does it works? Who use that kind of display?

The user mental-model of the last type of user is close to the real functionality of the large display and previous knowledge helped them understand that the large display was created to provide functionalities of scientific visualization. Once users learnt to manipulate the application they felt they were just working with a big mouse instead of the little desktop type. Maybe if they would have started interacting with the input device they would not feel the difference so drastically but we have left that for future research.

Other types of users were invited to use the video wall: grad students and other faculty/researchers. Grad students did not want to even try the video wall. Why this behavior? The students argued they had homework and exams and they did not want waste time trying to operate a large display if that did not represent some help for them (homework and exams). This means that they could not build a good mental model of the large display because if they would have paid attention they would have understood that they could use the video-wall tool to understand complex ideas and visualize data to work with more students. This means they did not use the tool because they did not know the help it could provide. Older people that had never used a large display kept their initial idea that video-walls are just toy for kids watching movies or playing video games. Only people that really understood how the video-wall is used and its benefits built a good mental model.

4.3 Explanation of large display features

The video-walls' features that provide benefits in the user productivity are many but in this part we explain only those that demonstrate the importance of the tool.

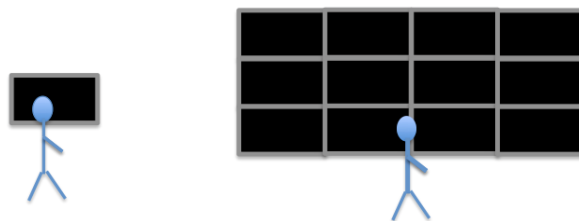


Figure 6. The large display wraps the user focusing his attention.

The first feature is defined by the human behavior (see figure 6). The user cannot get distracted because his visual field is completely covered by the video-wall and he has to watch some data on it. This behavior can be exemplated as some person is watching pictures in the wall of the gallery, he can watch one or more pictures in the same wall and naturally he is able to be closer of his favorite but what occurs when in the gallery is a mural. All persons that see it feel an attraction to be close to it. And when they were in front of it they only put attention on the mural. They

can move the head left and right and they only can see some part of the mural.

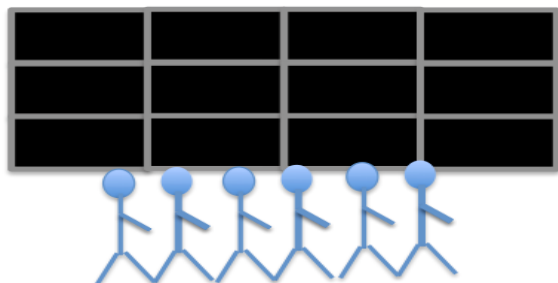


Figure 7. The large display shows information for many users simultaneously.

The second feature is used in collaborative environments (see figure 7). This feature follows the principle of two heads think more than one. The large display enables more than one simultaneous user. A human behavior related to this feature is when a person looks something and cannot understand what is happening with it. He calls someone for taking his opinion in trying to get knowledge of the phenomena. When many ideas are taken into account it is possible to create a concept that use the perspective of different experts from the same area.

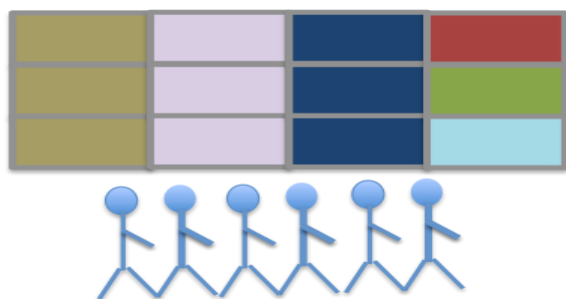


Figure 8. The large display shows different perspectives at the same information.

The third feature is focus in the kind of visualization that can be showed (see figure 8). Each user has a favorite type of data visualization and problems may occur when multiple users use the same display. This issue is constantly addressed by researchers in collaborative environments. They choose to block parts of the full deployment to share control between all participants. This strategy is easily implementable in large displays because it is possible to define working windows and allow users to control a visualization area as long as the process of interaction is on the window assigned to the user. There is a complicated relationship between the input devices and interaction provided between the user and the application. In this study the relation between users and the display was established by using a single shared display and a common input device.

4.4 Problems defining the design for user application on the large display

The researchers are busy people: they are managing projects with documentation, outlines, and so on. They do not have time to

learn new tools and so they prefer traditional methods to display their results. Some of the younger can try a new technology but they always take into account the complexity of the tool. Finally we realized the interface design is a key element to satisfy the user needs but also to motivate his willingness to learn new types of interactions and for a proper interface design it is imperative to know the terminology and symbolism the user uses to do his job.

A significant advance in the previously discussed problem is to build a user classifier and a visualization-preferences catalog and match them according to their mental model as well as their user group profile.

4. CONCLUSIONS

We have shown an initial attempt to classify users according to visualization systems. The classification takes into account similar projects with different focuses and it explains some mental models observed with large displays such as a video-wall. In the future research relations between the mental models, data representations and user visualization preferences will be explored.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Our thanks to UAM / Universidad Autónoma Metropolitana.

6. REFERENCES

- [1] [Ramirez-08] Laura Patricia Ramírez Rivera, "Minería de datos visual: Minería Visual sobre una pared de video". By September 7, 2011. Publisher: Editorial Académica Española. ISBN-10: 3845492562. ISBN-13:978-3845492568.
- [2] [Ramirez-13] Laura Patricia Ramírez Rivera, "Objetos distribuidos visuales", Departamento de computación, Cinvestav-IPN, 2 de diciembre del 2013.
- [3] [Soren-05] LAUESEN, S. 2005. User Interface Design A software engineering perspective. Pearson Addison-Wesley, United Kingdom, London.
- [4] [Elaine-06] HUANG, E. M., MYNATT, E. D., RUSSELL, D. M., AND SUE, A. E. 2006. Secrets to success and fatal flaws: The design of large-display groupware. In IEEE Computer Graphics and Applications. 37–45.
- [5] [George-00] ROBERTSON, G., VAN DANTZICH, M., ROBBINS, D., CZERWINSKI, M., HINCKLEY, K., RISDEN, K., THIEL, The task gallery: A 3d window manager. In In Proceedings of CHI, 2000. 494–501.
- [6] [Dan-07] DAN, R. AND OLSEN, J. 2007. Evaluating user interface systems research. In In Proceedings of UIST 07., 251–258.
- [7] [Adi-12] Aditya Pal, Joseph A. Konstan, 2012. User Classification in Online Communities. Thesis of Doctor of Philosophy, University of Minnesota, 2012.
- [8] [Iglesias-12] Jose Antonio Iglesias, Plamen Angelov, Agapito Ledezma, Araceli Sanchis. Creating Evolving User Behavior Profiles Automatically, IEEE Transactions on knowledge and data engineering, vol. 24, No. 5, May 2012, 854-867.

Improving User-Insurance Communication on Accident Reports

Habib M. Fardoun, Daniyal M. Alghazzawi
King Abdulaziz University
Jeddah, Saudi Arabia
{hfardoun, dghazzawi}@kau.edu.sa

Antonio Paules Cipres
European University of Madrid
Madrid, Spain
apcires@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents an easy to use methodology and system for insurance companies targeting at managing traffic accidents reports process. The main objective is to facilitate and accelerate the process of creating and finalizing the necessary accident reports in cases without mortal victims involved. The diverse entities participating in the process from the moment an accident occurs until the related final actions needed are included. Nowadays, this market is limited to the consulting platforms offered by the insurance companies.

Categories and Subject Descriptors

J.1 [Administrative Data Processing]: *Government, Law.*

General Terms

Performance.

Keywords

Accident Report, Accident part, Traffic, Cloud, Interaction, DUI, Insurance

1. INTRODUCTION

This paper aims at providing easy to use solutions and facilitating possible resolutions for accident reports through the Cloud. Cloud functionalities can support the accident-related problem solving processes management for friendly agreed (or not) accident reports.

Currently, if one needs to fill an accident report, it is necessary to go through a set of steps, as for example, indicating the accident location, situations and conditions as well as individuals involved. This information is currently taken through carbon copy formularies, where the main actors describe the situation. Usually, these are small accidents without any medical intervention such as hits between cars in the cities. The security services, as for example, the Civil Guard of Traffic and the local police, assist on resolutions as well as filling the formularies in order to accelerate the process and help the citizens. In Spain, the Dirección General de Tráfico (Traffic General Direction) or DGT is the organization entitled to keep the data archives for every vehicle and associated drivers.

The resolutions needed for an accident follows a specific and formal process. First, the involved parts have to reach to an agreement. The insurance companies facilitate the agreements between the parts and establish deadlines so not to go for a trial.

Then, the information collection for the expert report is carried out by the insurance companies so to acquire information about the severity of the vehicle's damage and any physical damage of the individuals involved in the accident.

Therefore, it is necessary for a system to be in place in order to support and if possible, to: accelerate the data collection, prohibit vehicles being on the roads without the obligatory insurance, allow involved actors to solve the situation as soon as possible and officially inform and update the insurance system.

Moreover, such system can support the required accident reports process management and any needed elements (e.g. photos of the location and the cars involved) so to guarantee that the users can effectively follow the process using their mobiles. As such, location maps are necessary to appear on the reports; this is possible by including new layers on the system so to provide an editable accident sketch and adding any required external elements.

The main goal in this paper is to present the design and development of a state of the art information system located on the Cloud that allows the users to perform the previously commented actions. These actions refer to the necessary tasks so to facilitate and accelerate the administrative procedure for the reports process initiation and finalization. The system is designed to be used in accidents where there are not mortal victims or minor injured individuals involved. (In case of mortal victims the protocol changes as the process follows the judicial path and the agents make the pertinent actions.)

2. SYSTEM ARCHITECTURE

The Cloud is the ideal place to locate such a system. The users participating in the process, the number of users and the origin of the collected data need to be taken into account. The system carries out a process where different entities participate in; the Cloud favors the communication among the systems and as such, interaction is supported so to allow the users to interact with the data located in different clouds.

The previous Figure 2 depicts a system divided into three parts following the platform necessities. In light brown, the official systems are presented; these allow the cloud to communicate the official reports that need to follow the judicial way. In addition, there is a storage system for accident reports sent by the traffic agents supporting the following functionalities:

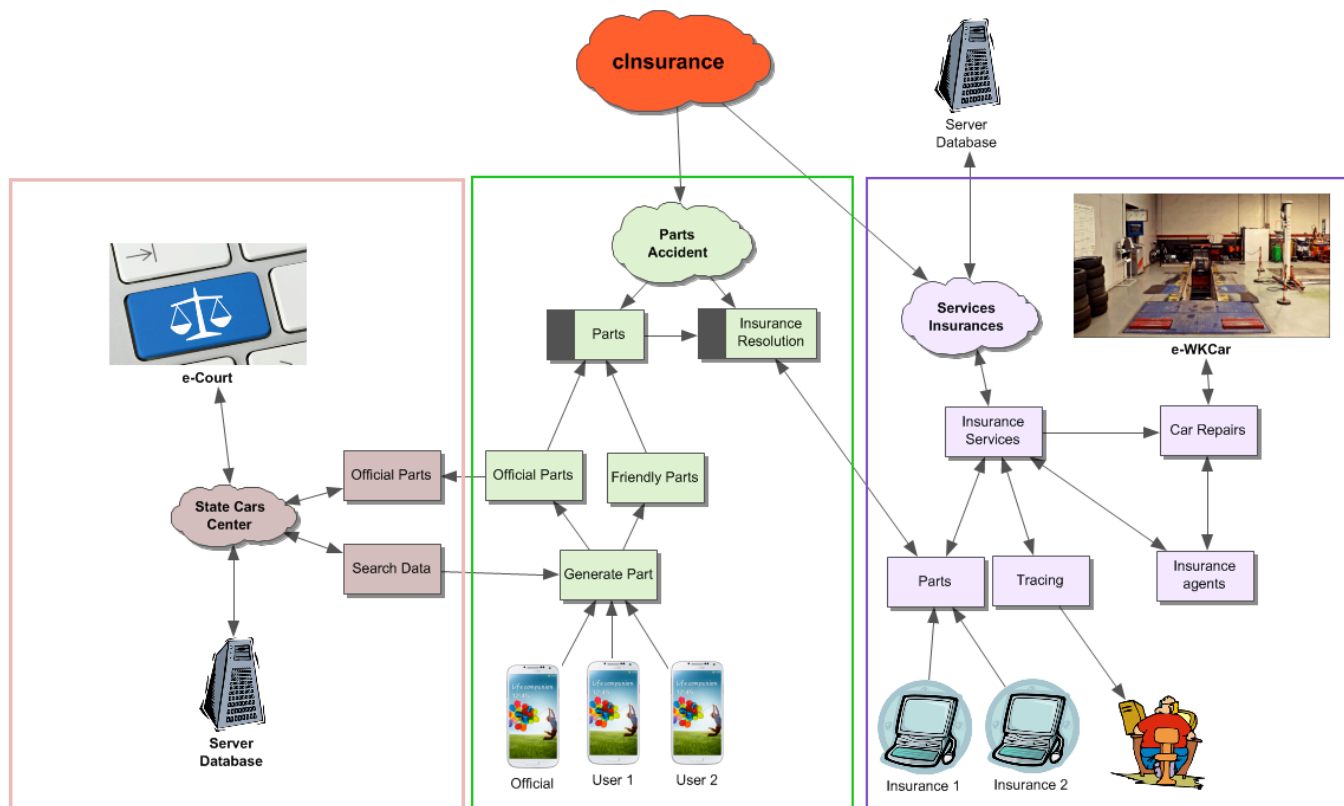


Figure 1. System Architecture

- Official Parts:** This service receives the official reports sent from the “Part Accident” cloud. Thus, the agents’ reports are kept on the system database. This cloud interacts and migrates the data with the justice department, here called the “e-Court”, so to accelerate the procedures. The system can be saturated and not every case can reach the court; however, a major number of individuals achieve a friendly agreement. Often the cases reaching the judicial way are the ones having mortal victims or indicating increased cost in reference to material damage.

Search Data: This service is used to search existing data for vehicles and their drivers. In Spain, DGT is in charge of verifying such information (e.g. official documentation of vehicles, proprietary’s data, vehicle insurance) in a specialized centre in León [3]. Thus, data can be easily inserted within the forms by providing just the vehicle’s data such as the registration plate, so to obtain the necessary information for the procedure to be executed. Moreover, there is assurance that any data related problems or mistakes are avoided; as for the case a vehicle is not insured, the agents must be alerted and visit the accident location immediately.

The architecture is emphasized in green colour, suggesting the accident reports initiation on the system as well as the information provision to the rest of the clouds:

- Generate Parts:** This service is an interaction space for the connected users involved in the accident so to fill in the report together. Then the insurance companies will

process it. This service is used for friendly agreement and official accident reports.

- Insurance Resolution:** Once the accident reports are generated, they are introduced into the system and sent to another cloud where the insurance companies perform the resolution actions towards a friendly agreement for the vehicle repair. The system keeps a copy of the original report.

The incidences management process is presented in purple colour, this is from the resolution process conducted by the insurance companies towards the friendly agreement reports, the agreement location etc., to the vehicle repair process monitoring by any collaborators and garages involved.

- Parts:** This service obtains the accident reports. The insurance companies verify these reports and talk to involved parts to reach agreement following the traffic legislation. [4].
- Tracing:** It allows every participant in the system to verify to check the processes related to resolution, repair and paying the affected victims.
- Insurance Agents and Cars Repairs:** The service “Cars Repairs” receives the order for the vehicle repair; then, the control passes to the service “Insurance Agents”. The union point of these services is called e-WKCar. This is referred to perform damage evaluation and the verification and validation process

before reparation is initiated. During this verification process, the company and the reparation garage reach an agreement on the estimated cost.

The cloud is considered to be the ideal place for such system architecture in this paper due to information systems adaptation to the Cloud, and thus, allowing different entities to use the offered system services. For example, e-Government services are included into the system, taking advantage the information provided by the official services from the traffic department in order to accelerate the administrative procedures for the public entities.

2.1 Generate Parts

This section presents the interaction within the “Generate Parts” service. In our research line we have worked with interactive and collaborative environments [5] as well as Distributed User Interfaces (DUI) [6]. The results from the first area of investigation indicate that such work is a collaborative workspace

where the interaction process is carried out; as for DUI, in our previous research it is related to educational environments where the interaction is directly affected by the didactical methodology in a collaborative classroom environment.

In this research, the data insertion process is treated as collaborative work where the involved users provide the data and fill the formularies with the friendly agreement report. For that, a system is used to facilitate users to interact with their mobile devices taking into consideration the necessities and formularies of such characteristics.

Figure 3 depicts the ways the initiation and final provision accident reports processes are delivered. The clouds related to the data delivery system are also included. The system is divided into the following parts, as in Figure 3:

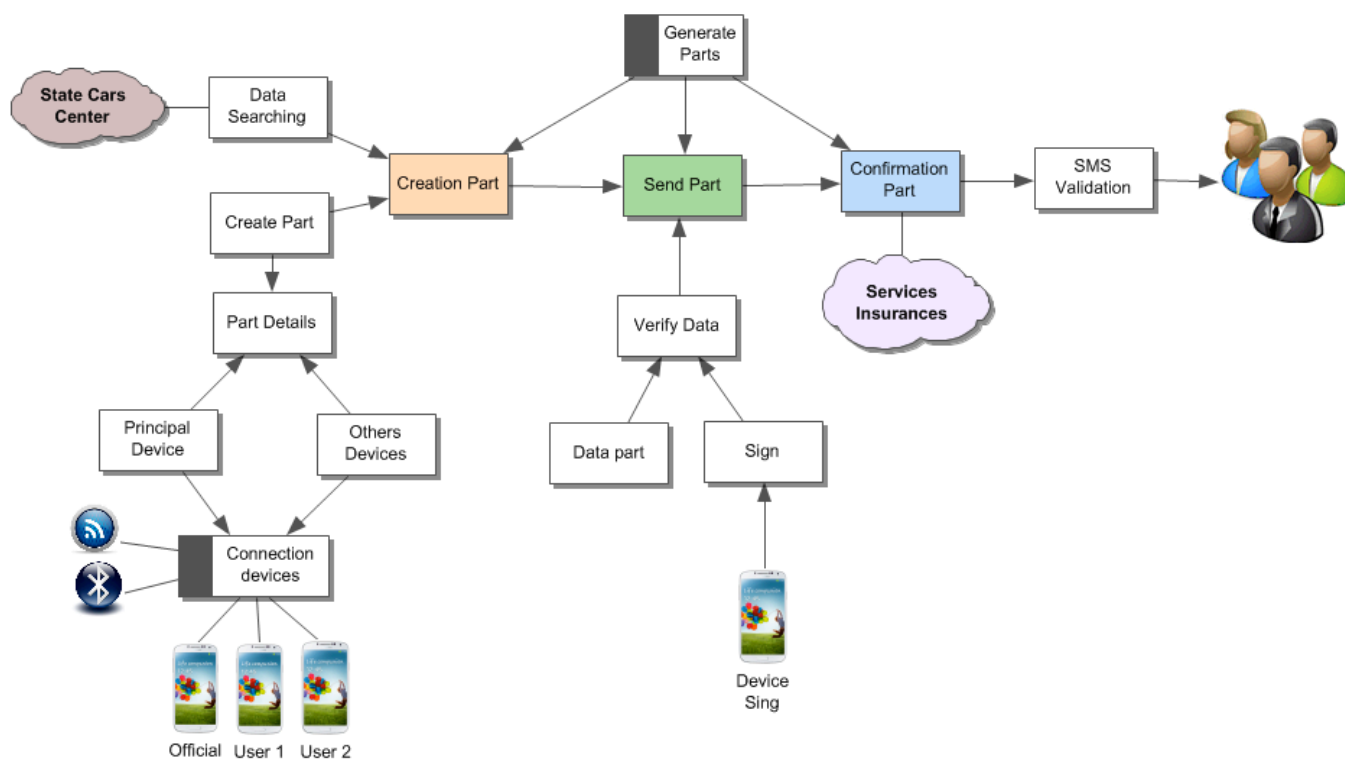


Figure 2. Interaction Process

- Creation Part:** When a report is created, the mobile devices connect to each other by a connection such as Bluetooth or Wi-Fi; thus, a collaborative work environment is initiated. The users send and receive the information needed using their mobile devices to complete the accident report. This is server architecture with a connection among mobile devices, which receive the data and the formulary from the cloud. Therefore, a faster interaction is established without the necessity for every device to have a 3G Internet connection because communication with the server is established using only one terminal. The accident report contains users' data, information about the vehicles involved as well as the

accident situation, pictures etc. so to provide maximum information to the insurance companies and improve the process. As such, GPS services can be provided by one mobile device and a map system so to facilitate the user to select the exact accident locus used to create a sketch of the way the accident occurred. Figure 4 depicts the accident sketch presenting on a map; thus, it simplifies the accident description the users are obliged to include. For that reason a map system is included to provide the exact position and a mobile application for the user to draw and add any external elements involved (signals, traffic lights...). These elements must be photographed so to provide evidence at the moment of the accident

and to facilitate the insurance companies checking their state. In Spain, the traffic signals and related elements are catalogued into a central database and secured.

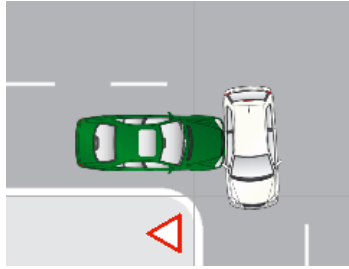


Figure 3. Accident Sketch

- **Send Part:** Once the report has been filled by the users involved in the accident, they sign the report using a scanned digital signature on their mobile device. This signature is stored by the insurance companies and is included into the system. It is not the traditional digital signature, which also could be used, but a signature scanned by the insurance companies when the users contract their insurance policy.
- **Confirmation part:** After sending the signed formulary, it is queued, validated and sent to the insurance companies Cloud. A confirmation is sent to the users by SMS with the corresponding indicator for each of the involved individuals. This message also provides acknowledgment of receipt in order to secure that the user is aware that the insurance company has received the report.

This section discussed the process for the reports generation to the point of its delivery to the insurance companies. It is based on ISO usability standards and graphical user interfaces design.

The communication protocol and the data delivery among the terminals can be executed by XML or JSON. This protocol has to be described by the formulary type filled by the users. The selection on a specific formulary from a menu can accelerate the process. The accidents data table is depicted and an official check can be performed on the most common accidents in order to generate a formulary for each one of them. As such, the system provides the users a formulary with most of the fields filled in.

3. INTERACTION PATTERNS

The following interaction patterns are included into the proposed application:

- **Drag and Drop:** The user inserts an object into the sketch to describe the accident. These objects are the external elements and can be vehicles, pedestrians, traffic signals, etc.
- **Graphical file inclusion:** Users can add the pictures associated with the accident locus as a graphical element into the accident report.
- **Confirm:** The accident report confirmation is delivered including the needed signatures.
- **Initialize:** The type of the accident can be selected from different options and menu provided so to facilitate the creation of the correct formulary and hence, directly accelerate the process.

- **Connect:** The users should select a master device and the connection mode (4G or Bluetooth). Thus, a common report can be created on the main device.

These interaction patterns are included into the application; the users can use them quickly so to easily send the reports to the insurance central office.

4. PROOF OF CONCEPT

A complete accident report is presented as the proof of concept related to a front-lateral accident produced in an urban area. There are two vehicles and their drivers involved; a pedestrian as a witness; also the traffic agents are directed to the place of the accident to help the drivers filling in the accident report.

A traffic agent fills in the accident report (this is the friendly agreement) to be sent to the insurance central office. The traffic agent uses a tablet (iPad) with an Internet connection.

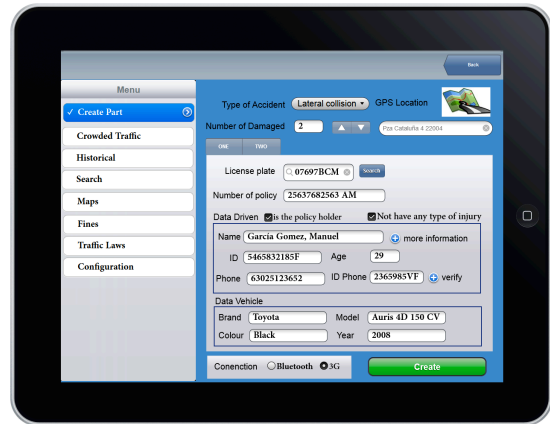


Figure 4. Creating the accident report

Figure 5 depicts the way the traffic agent creates the accident report by selecting the type of the accident and providing the necessary pictures. The application uses the GPS service to locate the place of the accident on the local map. The users' connection with the system is through 3G. The agent only verifies the data as the users' devices provide the information. This verification is important so to check whether there is a fraud on the users' information, on the insurance data or on the vehicles involved in the accident.

In addition, the traffic agent has the following options:

- **Crowded Traffic:** The agent can create official reports about the incidences found in his/her daily work and send a copy to the central office.
- **History:** Access to data archive of his/her service: fines, parts and traffic reports created by the particular agent.
- **Search:** This functionality is connected to the security system and referred to the necessities appearing on the daily patrol. A web page is available for the agent to connect with his/her office accessing it in a secure way. The agents receive the account's password every morning (1 day password) on their computer; they use their user login information and password to authenticate and login into the system so to work using these credentials along the day.

- **Maps:** The agents have access to an incidence database, which cooperates with their navigator so to obtain the shortest way to reach the accident related with the reported incidence.
- **Fines:** A fines management system is integrated; the agent initiates the fines and the driver may use the secure payment option provided.
- **Traffic Laws:** Consultation of the traffic bulletin on traffic laws can be consulted for infractions. The agent receives the actualized bulletins and the modifications of the traffic laws.

The agent generates the accident report by clicking the “Generate Part” button.

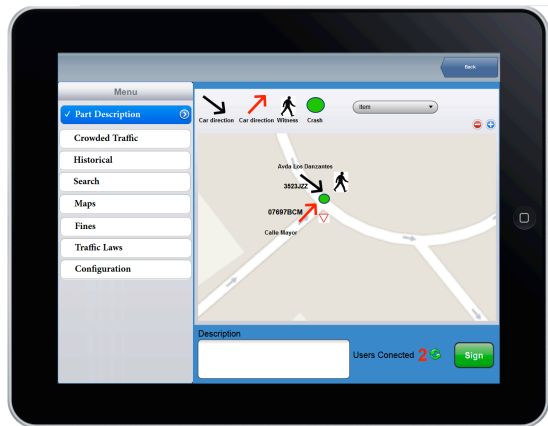


Figure 5. Accident Sketch Generation

Figure 6 presents the traffic agent working on the accident sketch report indicating the situation the accident occurred and the collision point. In addition, the agent adds the locations the witnesses were positioned and the vehicles' direction, also providing their registration plates. As such, our system changes the way accident reports are generated and circulated by facilitating and accelerating the transit of information and documents needed. As for the users' mobile device as such, when a user runs the application, it detects whether there is a device in server mode so to send the insurance data to this device. This action is performed when the traffic agent creates the accident report (previous Figure 5).

Figure 7 presents the mobile device belonged to one of the accident's victims. As seeing on the left, the device provides the option to connect with the server (agent's mobile terminal), also displaying information about the vehicle and the insurance. When the user is connected (Figure 8), s/he obtains a screen to check the sketch and the accident report. This screen depicts an agreement between the drivers as they have to verify the sketch and even include new elements; this is a DUI (Distributed User Interface) screen among the users involved in the process.

When the traffic agent clicks on the “Sign” button, the users' signatures with the accident report are prepared for delivery. The users have to confirm the delivery on their own mobile devices. When the ‘Sign Confirmation’ button is clicked, the confirmation is sent to the agent's device; once the agent acquires authorizations by all involved drivers, the final accident report is sent to the system.

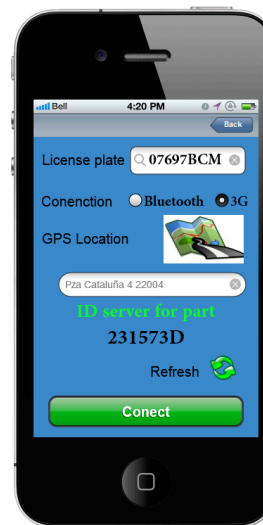


Figure 6. Device in connecting mode



Figure 7. Device in sketch mode

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This paper proposes a solution for developing car accidents reports based upon the interaction among users' devices and obtaining the data required from the Cloud. Moreover, the interaction among devices was also presented using one as a server to control the report's creation, reducing the costs and minimizing the bandwidth. Thus, the interaction is established by directly connecting mobile devices.

This interaction process is facilitated by DUI systems on the cloud, also converting one mobile device as the Cloud extension; in other words, we use the mobile device for the data processing and the interaction process as such, by converting the cloud system into a distributed system. Taking advantage of such distributed cloud system for mobile devices; the companies and other entities can store documents and process information to each other much faster. This market is open to multiple possibilities, such as the collaborative educational environments.

6. REFERENCES

- [1] Soria J. El centro de tramitación de denuncias automatizadas de la DGT ya está en marcha. *Revista de Trafico y Seguridad Vial*. Pp (33-34) Marzo-Abril 2008 ISSN: 1886-3558.
- [2] Real Decreto Legislativo 339/90, de 2 de marzo, Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.
- [3] Fardoun, H.M., Zafar, B., Altalhi, A.H., Paules, A. (2013). Interactive design System for schools using cloud computing. *Journal of Universal Computer Science* 19 (7), pp. 950-964.
- [4] Fardoun, H. M., & Alghazzawi, D. M., Cipres A. P. (January 2013). Distributed User Interfaces: Usability and Collaboration. *Distributed User Interfaces. Human-Computer Interaction Series* 2013 (pp 151-163). ISBN 978-1-4471-5498-3. Springer London.

IPO y Educación

Modelo de Adaptación de Contenido Basado en Perfil Cultural en un Entorno de Aprendizaje

Laura N. Aballay
Instituto de Informática
Universidad Nacional de San Juan
San Juan - Argentina
laballay@iinfo.unsj.edu.ar

Cesar A. Collazos
Profesor Titular, Depto. Sistemas
Universidad del Cauca
Popayán-Colombia
ccollazo@unicauca.edu.co

Silvana V. Aciar
Instituto de Informática
Universidad Nacional de San Juan
San Juan - Argentina
saciar@iinfo.unsj.edu.ar

Carina S. González
Universidad de La Laguna
Tenerife - España
carina211@gmail.com

ABSTRACT

La adaptación de la interfaz de usuario está presente en diversas áreas, llegando a abarcar los entornos virtuales de aprendizaje. Una posible fuente de adaptación podría basarse en el perfil cultural del estudiante. Personas provenientes de distintos países poseen culturas diferentes e interactúan con la interfaz de usuario de diferentes maneras, prefieren diferentes diseños gráficos, y tienen diferentes expectativas y patrones de comportamiento. Por lo tanto, la interfaz de usuario debe ser adaptada a las necesidades de cada lugar geográfico para brindar una experiencia de usuario óptima. Este trabajo presenta un modelo preliminar de adaptación de interfaz según el perfil cultural del usuario/alumno, específicamente en un ambiente ubicuo de aprendizaje colaborativo.

Categorías y Descriptores Temáticos

H.5.2 [Interfases de Información y Presentación]: Interfases de Usuario --- Interfases Gráficas de Usuario (GUI), Diseño Centrado en el Usuario.

Términos Generales

Factores Humanos.

Palabras Claves

Modelo de usuario, perfil cultural, interfaz adaptativa, entornos de aprendizaje, ubicuidad.

1. INTRODUCCIÓN

La adaptación de la interfaz de usuario está presente en diversas áreas, llegando a abarcar los entornos virtuales de aprendizaje. Una posible fuente de adaptación podría basarse en el perfil cultural del estudiante. Es necesario diversificar las interfaces de usuario, de acuerdo a la localización del mismo, teniendo en cuenta los aspectos, no sólo en cuanto a apariencia sino también en funcionalidad. [1]

Características multiculturales por lo general no se habilitan

automáticamente y por lo tanto una gran cantidad de aplicaciones e interfaces son monolingües o codificados de forma rígida en un solo idioma o interfaz culturales (generalmente Inglés Americano) [3].

Se denomina “internacionalización” [4] al proceso de diseñar una aplicación de tal manera que pueda adaptarse a diferentes lenguajes y regiones sin necesidad de cambiar el código [5]. Un programa internacionalizado no tiene elementos dependientes de la lengua o del contexto cultural de un país o región en el propio código. Es preciso tenerla en cuenta desde el principio del diseño siguiendo una metodología adecuada.

En forma complementaria, la “localización”[4] es el proceso de adaptar software a una región específica, añadiéndole convenciones locales, cultura y lenguaje de una región particular y traduciendo texto.

Es indiscutible, en este mundo globalizado, la necesidad de diseño de interfaces de usuario que puedan adaptarse a las necesidades culturales del usuario de forma automática. Para este fin, se deben identificar las diferencias entre culturas, estableciendo un perfil cultural para cada usuario que pueda ser usado para evitar cometer errores o malentendidos culturales.

En este contexto, cuestiones como la presentación de la información (por ejemplo, colores, formato de hora y fecha, iconos, tamaño de fuente) y el lenguaje (por ejemplo, la fuente, el sentido de la escritura) o el diseño de diálogo (por ejemplo, la estructura del menú y de la complejidad, la forma de diálogo, disposición, posiciones de *widgets*), así como el diseño de interacción (por ejemplo, el concepto de navegación, la estructura del sistema, ruta interacción, velocidad de interacción) se ven afectados [6].

Este trabajo presenta un modelo preliminar de adaptación de interfaz según el perfil cultural del usuario/estudiante, específicamente en un ambiente ubicuo de aprendizaje colaborativo.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se expone una breve revisión de trabajos relacionados, a continuación en la sección 3 se habla de las interfaces adaptativas y lo que se debe tener en cuenta al momento de adaptar una interfaz. Más adelante, en la sección 4 se describen algunos modelos culturales estudiados para denotar las diferencias

culturales. Luego en la sección 5 se detalla la propuesta y el proceso de adaptación sugerido. Por último, las conclusiones y trabajo a futuro se encuentran en la sección 6.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Un ejemplo de adaptación de los componentes de la interfaz incluye el sistema de AVANTI para los usuarios con discapacidad que utiliza "una interfaz de usuario unificada", pero ofrece componentes de interacción alternativa para satisfacer la necesidad del usuario [7]. Con la ayuda de un mecanismo de adaptabilidad basada en reglas que comunica con la unidad responsable del modelado de usuario, la interfaz se puede mejorar de forma adaptativa en tiempo de ejecución [8].

Los Adaptive Hypermedia Systems (AHS) son sistemas que entregan diversas vistas de hiperdocumentos [9]; estos sistemas utilizan un modelo de usuario y un modelo de concepto dentro del ambiente de aprendizaje para intuir los contenidos y tipo de navegación actual, así como la mejor forma de presentar estos contenidos [10].

El sistema AHA! Puede ser usado para adicionar características adaptivas a las aplicaciones tales como cursos on-line, sitios de museos, enciclopedias on-line, etc. AHA! Provee un mecanismo para inferir las preferencias del aprendiz respecto a un estilo particular de aprendizaje, basado en el entorno de navegación del alumno el sistema puede suponer preferencias, por ejemplo, orden de lectura [11].

También se han hecho estudios sobre adaptación según los estilos de aprendizaje [12] y [13].

En cuanto a estudios que investiguen la importancia de la cultura del estudiante en los entornos virtuales de aprendizaje, la investigación es más bien escasa, destacándose estudios sobre modelos y teorías pedagógicas más apropiadas a entornos E-Learning interculturales [14]. Es por eso que este trabajo se centra en utilizar el perfil cultural del estudiante para adaptar su contenido.

3. INTERFACES ADAPTATIVAS

3.1 Definición

La Adaptabilidad del Sistema puede entenderse como la capacidad del sistema para que dinámicamente adapte su comportamiento y funcionalidad a los requerimientos de la interacción usuario/sistema.

3.2 Tipos de adaptación

Entre los tipos de interfaces adaptativas existen dos enfoques. El primero es un proceso automático de adaptación, controlado por el sistema, denominado "adaptatividad". El segundo enfoque es la "adaptabilidad" que significa que el usuario adapte el sistema a su gusto, o sea, un proceso manejado por el usuario. Aparecen términos como "personalización" [15] para significar el proceso automático de adaptación a un usuario, mientras que "Customisation" [16] se ocupa de los ajustes realizados por el usuario.

4. MODELOS CULTURALES

La cultura representa las creencias, valores y significados de los símbolos que tiene una persona, como parte de un grupo o comunidad. La cultura puede ser considerada como marco de referencia que influye en la forma de pensar, percibir, interpretar cosas en un entorno social.

Hofstede [21] determina los patrones de pensamiento, sentimiento y actitud que forman la cultura mental. Determinó dimensiones

como base de los estudios realizados en el área de "culturabilidad", un término inventado por Barber y Bardre [22] para "la fusión de la cultura y la usabilidad".

Hall definió dos tipos de Culturas: Culturas de contexto alto (CCA) y culturas de contexto bajo (CCB). En la comunicación de contexto alto, la información puede ser ambigua; por lo que se necesita información adicional para codificarlo. La comunicación es más directa, se promueve la cooperación y participación, fomentando la armonía del grupo. Los países latinoamericanos son considerados dentro la comunicación de alto contexto. Lo contrario, es la comunicación de bajo contexto; en la cual la información tiene un solo significado y no se necesita información adicional para entenderlo. Por lo tanto, la comunicación es un lenguaje verbal; el cual da importancia a la lógica y el razonamiento verbal [23].

En [1] se han recopilado diferentes modelos culturales y se proponen una serie de directrices para implementar patrones de diseño web.

Existen diversos modelos culturales que pueden tenerse en cuenta para diferenciar a los países y regiones. Se puede usar uno de estos modelos culturales o una mezcla de ellos.

5. MODELO DE ADAPTACIÓN PROPUESTO

La presente propuesta formará parte de un sistema de adaptación que complementará un entorno virtual de aprendizaje basado en la web [24], el cual poseerá la particularidad de contar con características de ubicuidad y colaboratividad, denominado "U-CSCL". "Este entorno propone brindar una amplia oferta con fácil acceso para la formación integrada y de calidad, minimizando las desigualdades y fomentando la inclusión permitiendo aspirar a una sociedad más integrada y más justa. Esta información deberá ser fácil de usar, acceder, fácil de entender, fácil de recordar y estéticamente agradable" [25].

En esta oportunidad se intenta profundizar en cuanto a la característica de "Adaptabilidad" de los sistemas ubicuos, ya que se pretende que el entorno adquiera adaptabilidad centrándose en el perfil cultural de los estudiantes.

El sistema de adaptación propuesto recolectará información en forma automática de la ubicación del estudiante, sin necesidad de pedirle que responda a ningún cuestionario ni llenar ningún formulario. Teniendo la ubicación del estudiante, es posible determinar a qué país corresponde, y con esto averiguar su lenguaje y demás preferencias culturales. A continuación, el sistema presentará las interfaces adaptadas a los estudiantes, basándose en el perfil cultural identificado. Estas interfaces adaptadas serán diseñadas de acuerdo a la localización, siguiendo las directrices de traducción, contextualización y estructura de la información de [1]. Esto puede observarse sintéticamente en la Figura 1, y posteriormente se explica en detalle el proceso de adaptación.

5.1 Proceso de adaptación

Para la aplicación de este modelo (ver figura 1), se sugieren los siguientes pasos:

- 1- Alumnos de diferentes países de Latinoamérica utilizarán la plataforma educativa desde su lugar de origen, ingresando a la misma con su usuario y perfil correspondiente desde diferentes dispositivos.
- 2- El entorno de aprendizaje colaborativo y ubicuo, con esquema "U-CSCL", toma los datos del estudiante y los deriva al Sistema de Adaptación.

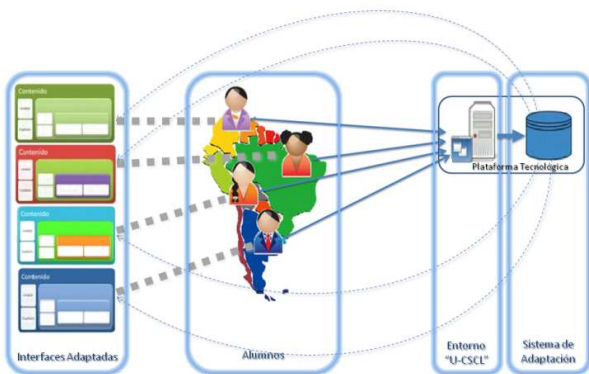


Figura 1. Modelo de Adaptación Propuesto

3- El Sistema de Adaptación extrae parámetros del contexto del alumno, como la IP y/o número de celular, entre otros. Luego internamente el sistema:

- define de que país proviene el alumno.
- lo asocia a un perfil cultural para ese país, teniendo en cuenta el idioma (español, portugués, guaraní) y las variantes de la región a la que se refiera, terminología, regionalismos, uso de gráficos y colores, grado de estructura de la información presentada (con jerarquías o más desestructurada), grado de interacción en menús, grado de ambigüedad en el contenido.
- selecciona un modelo apropiado de contenido y lo adapta según el perfil cultural ya determinado.
- muestra al alumno la interfaz adaptada.

4- El estudiante interactúa con la interfaz en forma sencilla, concentrándose en el aprendizaje.

Para llevar a cabo el proceso y aplicar el modelo propuesto, se estudiarán las características culturales de los países de Latinoamérica, en primera instancia. Luego se diseñará la adaptación en el entorno de aprendizaje mencionado, analizando que elementos serán adaptados y de qué manera.

5.2 Perfil Cultural

Para construir el perfil cultural se tendrá en cuenta tres directrices, dentro de las que se proponen en [1]: Traducción, Contextualización y Arquitectura de la información. En Traducción se refiere al idioma principal del país, considerando los regionalismos o variantes del idioma propios del mismo. Si bien en este caso sólo se piensa estudiar la cultura de los países de Latinoamérica, donde los países poseen idioma nativo español y portugués. Sin embargo, existen diferencias en el idioma español que utilizan o las expresiones que usan al comunicarse. Por ejemplo en Argentina, se dice "vos" en lugar de "tú", así como "para vos" en lugar de "para ti"; pero en la mayoría de los demás países de Latinoamérica se utiliza el "tú" y el "para ti". Por lo tanto no sólo basta con traducir el contenido sino que habrá que adecuarlo a la región.

En función al contexto, la información puede mostrarse con niveles de jerarquías o más desestructurada, se puede variar el grado de interacción en menús, así como también el grado de ambigüedad en el contenido.

5.3 Modelos de contenidos

Más adelante se muestran ejemplos de adaptación siguiendo la directriz de Traducción de [1]. En la figura 2 se puede ver un ejemplo de interfaz para un alumno de origen colombiano, luego

en la figura 3 la misma interfaz adaptada para un alumno argentino, y por último en la figura 4 se muestra la adaptación al idioma portugués, cuando el alumno sea de Brasil.

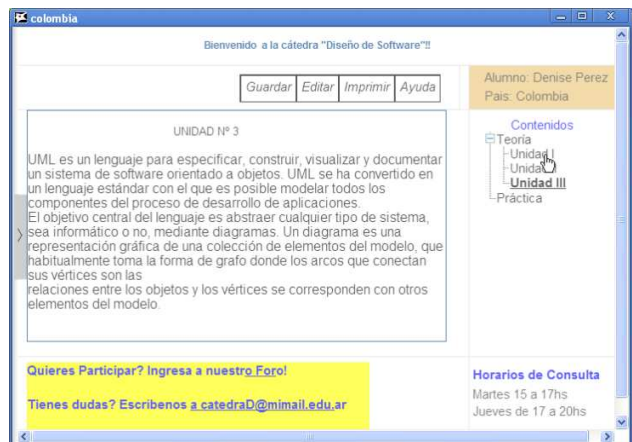


Figura 2. Adaptación para alumnos de Colombia

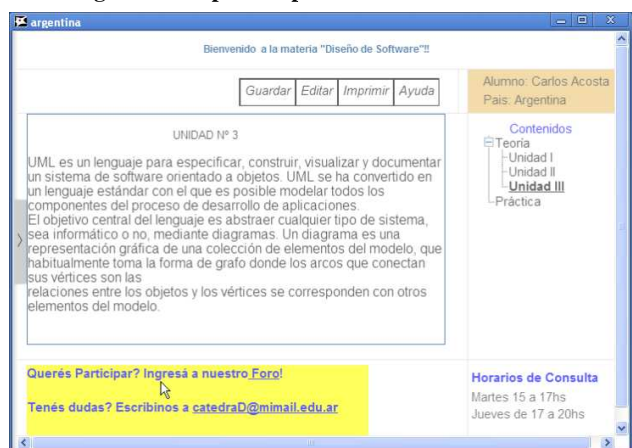


Figura 3. Adaptación para alumnos de Argentina

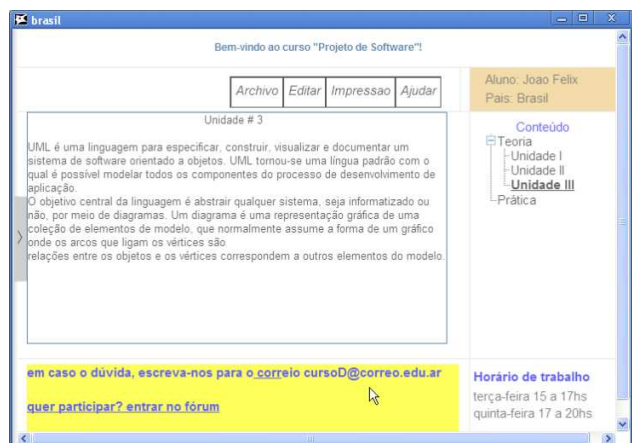


Figura 4. Adaptación para alumnos de Brasil

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las diferencias culturales deben ser interpretadas y tenidas en cuenta en los sitios web, y los entornos de aprendizaje no deben ser la excepción, por el contrario, deben adaptarse de forma apropiada para el estudiante. El desafío de este trabajo radica en la importancia de la diferenciación de la cultura del aprendiz,

partiendo de la premisa que el alumno no tendrá distracciones debido al lenguaje, o formato del contenido de los cursos, ocupándose de lo más esencial para él y los profesores, el aprendizaje. La presentación de la información basada en el perfil cultural puede incrementar la efectividad y eficiencia del aprendizaje.

La intención a corto plazo es estudiar las diferencias culturales de los países, para desarrollar un sistema prototipo para probar la adaptabilidad con alumnos de Latinoamérica, verificando la validez del modelo propuesto. En el largo plazo, se pretende evaluar el modelo con estudiantes de diferentes culturas de Europa.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está enmarcado en la Red Temática 513RT0481 “Red Iberoamericana de apoyo a los procesos de Enseñanza-Aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos” financiada por el Programa CYTED y en el proyecto “Desarrollo de Herramientas Tecnológicas de Soporte a la Educación Virtual” financiado por CICITCA-UNSJ.

8. REFERENCIAS

- [1] C. Collazos and R. Gil, “Using Cross-cultural Features in Web Design Patterns,” in *Eighth International Conference on Information Technology: New Generations*, Las Vegas, NV, 2011, pp. 514–519.
- [2] David Thevenin and Joëlle Coutaz, “Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda,” presented at the Human–Computer Interaction — INTERACT’99, 1999.
- [3] M. McKenna and H. Naftulin, “Challenges in the Multicultural,” presented at the HCI Development Environment. CHI 2000, 2000.
- [4] J. Eune and K. P. Lee, “Analysis on Intercultural Differences through User Experiences of Mobile Phone for globalization,” presented at the Proceedings of International Association of Societies of Design Research, Coex, Seoul, Korea, 2009.
- [5] Masip, Lúcia, R. Gil, Granollers, Toni, and C. Collazos, “Multiculturalidad e internacionalización en interfaces Web,” *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6(2), 2009.
- [6] R. Heimgärtner, *Towards Cultural Adaptability in Driver Information and -Assistance Systems*, Usability and Internationalization Global and Local User Interfaces Second International Conference on Usability and Internationalization. Beijing, China: Springer.
- [7] Stephanidis, C, “Designing User Interfaces for All,” presented at the Proceedings of the 13th Annual Conference Technology and Persons with Disabilities, Los Angeles, USA, 1998.
- [8] K. Reinecke and Abraham Bernstein, *Culturally Adaptive Software: Moving Beyond Internationalization*, Usability and Internationalization Global and Local User Interfaces Second International Conference on Usability and Internationalization. Beijing, China: Springer.
- [9] P. De Bra, G. Brusilovsky, and J. Houben, “Adaptive hypermedia: from systems to framework,” *ACM Computing Surveys* 31 (4es), 1999.
- [10] González, Carina Soledad, “Sistemas Inteligentes en la Educación: Una revisión de las líneas de investigación actuales,” *Revista ELectrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, vol. 10:1, 2004.
- [11] P. De Bra, L. Calvi, “AHA! an open adaptive hypermedia architecture,” *The New Review of Hypermedia and Multimedia*. Vol 4, pp. 115–139, 1998.
- [12] N. Stash, A. Cristea, P. De Bra, “Authoring the Learning Styles in Adaptive Hypermedia,” presented at the The 13th International World Wide Web Conference, 2003, pp. 114–124.
- [13] Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, and Jovani A. Jiménez, “Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente,” *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 4, pp. 39–46, Jun. 2007.
- [14] Claire Bélisle, “eLearning and Intercultural dimensions of learning theories and teaching models. N° 7,” 2008.
- [15] H. Dieterich, U. Malinowski, T. Kühne, and M. Schneider-Hufschmidt, “State of the Art in Adaptive User Interfaces,” presented at the Adaptive User Interfaces: Principles and practice, Amsterdam: North-Holland, 1993, pp. 13–48.
- [16] A. Kobsa, J. Koenemann, and W. Pohl, “Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships,” *The Knowledge Engineering Review*, vol. 16:2, pp. 111–155, 2001.
- [17] P. Brusilovsky, “Adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interface,” vol. 11(1/2), pp. 87–110, 2001.
- [18] Hanani, U., Shapira, B., & Shoval, P., “Information filtering: overview of issues, research and systems. User Modeling and User-Adapted Interface,” vol. 11(3), pp. 203–259, 2001.
- [19] Joerding, T, “A temporary user modeling approach for adaptive shopping on the web.,” *In Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW (ASUM99), Toronto, CA., 1999.*
- [20] Brusilovsky, P., “Methods and techniques of adaptive hypermedia,” in *Adaptive hypertext and hypermedia*, 1998, pp. 1–43.
- [21] Hofstede, Geert, *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. New York: McGraw-Hill, 1997.
- [22] Barber, W., Badre, A., *Culturability: The Merging of Culture and Usability*. 1998.
- [23] E. T. Hall and M. R. Hall, *Understanding cultural differences: Nicholas Brealey International*, 1990
- [24] F. Trompenaars, *Riding the Wave of Culture*. London: , 1993.
- [25] C. Collazos, A. Moreno, M. F. Yandar, R. Vicari, and M. Coto, “Propuesta metodológica de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de entornos ubicuos y colaborativos: u-CSCL. pp. 77-80.,” presented at the VIII Congreso Colombiano de Computación, Armenia, Colombia, 2013, pp. 87–90.

Interfaces Adaptativas Personalizadas para brindar Recomendaciones en Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Oscar M. Salazar Ospina
Universidad Nacional de Colombia
Cra 80 # 65-223
Medellín, Antioquia, Colombia
(+574)4255000
omsalazaro@unal.edu.co

Paula A. Rodríguez Marín
Universidad Nacional de Colombia
Cra 80 # 65-223
Medellín, Antioquia, Colombia
(+574)4255000
parodriguezma@unal.edu.co

Demetrio A. Ovalle Carranza
Universidad Nacional de Colombia
Cra 80 # 65-223
Medellín, Antioquia, Colombia
(+574)4255360
dovalle@unal.edu.co

Néstor D. Duque Méndez
Universidad Nacional de Colombia
Cra 27 # 64-60
Manizales, Caldas, Colombia
(+576)8879300
ndduqueme@unal.edu.co

ABSTRACT

Las interfaces adaptativas personalizadas juegan un papel muy importante actualmente en los ambientes virtuales de aprendizaje ya que buscan adaptar la presentación y visualización de los contenidos educativos, tales como los objetos de aprendizaje, a través de las preferencias, necesidades y características cognitivas de los estudiantes. Existen muchos repositorios que permiten buscar y recuperar objetos de aprendizaje y de esta forma se puede tener acceso a millones de recursos educativos. El objetivo de este artículo es incorporar una interfaz adaptativa personalizada a un sistema multi-agente de recomendación de objetos de aprendizaje, desde repositorios locales y remotos, teniendo en cuenta las preferencias y necesidades de los estudiantes, con el fin de mejorar la presentación, visualización y satisfacción de uso de dichos contenidos educativos. La validación del prototipo se realizó a través de un caso de estudio que demuestra la eficacia de la utilización de interfaces adaptativas personalizadas en entornos de aprendizaje virtual.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces. – Graphical user interfaces.

General Terms

Design, Human Factors, Experimentation.

Keywords

Interfaces adaptativas personalizadas, perfiles de estudiante, repositorios de objetos de aprendizaje, estilos de aprendizaje, sistemas multi-agente, sistemas de recomendación.

1. INTRODUCCIÓN

Las interfaces de usuario han evolucionado en las últimas décadas desde interfaces eminentemente textuales a interfaces más complejas de tipo multimodal (i.e. integrando diversas formas de interacción tales como multimedia, táctil, vocal, etc.). Lo anterior ha permitido mejorar la interacción entre el ser humano y la máquina. Según López en [1] se debe distinguir entre adaptabilidad y adaptatividad en las interfaces de usuario. En una interfaz adaptable el usuario es quien explícitamente adapta la

interfaz para que se ajuste a sus gustos y características. Por ejemplo los gestores de ventanas pueden permitir al usuario cambiar la configuración del aspecto del escritorio con respecto a colores, fuentes, fondo del escritorio o comportamiento de algunos de sus componentes. En contraste, en una interfaz adaptativa el mismo sistema es el actor responsable de activar las acciones necesarias para realizar la adaptación. Las tendencias actuales apuntan hacia los sistemas de recuperación de información web que permitan adaptar los resultados mediante interfaces adaptativas personalizadas que tienen en cuenta las propiedades y contextos de los usuarios [1].

Por su parte, los objetos de aprendizaje (OA) se diferencian de los tradicionales recursos educativos por su disponibilidad inmediata a través de repositorios basados en Web, para acceder a ellos se realizan búsquedas por medio de metadatos. Con el fin de maximizar el número de OA a los que un estudiante puede tener acceso, para apoyar el proceso de enseñanza/aprendizaje, los repositorios digitales centralizados se unen en federaciones de repositorios para compartir recursos y tener acceso a los recursos de los demás. Los OA deben estar etiquetados con metadatos de modo que puedan ser localizados y utilizados para propósitos educacionales en ambientes basados en Web [2]. Tener un perfil de usuario permite identificar las necesidades, preferencias y características del estudiante que está haciendo una búsqueda de OA para ayudarle a encontrar los de mayor relevancia o para hacerle recomendaciones de cuales OAs pueden apoyar su proceso de aprendizaje [3]. Además con esas características se puede hacer una personalización del repositorio y hacer más agradable su visita al sitio. Los agentes inteligentes son entidades que poseen la suficiente autonomía e inteligencia como para poder encargarse de tareas específicas con poca o ninguna supervisión humana [4]. Estos agentes se están empleando casi de igual manera que los sistemas tradicionales, convirtiéndose en una muy buena opción para resolver problemas donde se necesita de sistemas autónomos que trabajen individualmente y se cooperen entre ellos para lograr una meta común.

El objetivo de este artículo es entonces incorporar una interfaz adaptativa personalizada a un sistema multi-agente de recomendación de OAs [5], desde repositorios locales y remotos,

o incluso desde federaciones de repositorios, accesibles vía web y con metadatos descriptivos de estos objetos, teniendo en cuenta las preferencias y necesidades de los estudiantes. Lo anterior con el fin de mejorar la presentación, visualización y satisfacción de uso de dichos contenidos educativos. La validación del prototipo se realizó a través de un caso de estudio que demuestra la eficacia de la utilización de interfaces adaptativas personalizadas basadas en agentes en entornos de aprendizaje virtual.

Este artículo está organizado como sigue: en la sección 2 se expone el marco conceptual de la investigación y en la 3, se presentan los trabajos relacionados. En la sección 4, se plantea el diseño del SMA propuesto con interfaz adaptativa. Posteriormente en la sección 5 se presenta un caso de estudio y finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación se presentan algunos conceptos y campos afines a esta investigación, a través de los cuales se busca introducir la temática y destacar los conceptos más importantes que fueron utilizados durante el desarrollo de la investigación.

Según la IEEE, un OA (Objeto de Aprendizaje) puede considerarse como una entidad digital con características de diseño instruccional, que puede ser usado, reutilizado o referenciado durante el aprendizaje soportado en computador [2]. Adicionalmente poseen metadatos que describen e identifican los recursos educativos y facilitan su búsqueda y recuperación. Los OA están contenidos en repositorios (ROA) que son bibliotecas digitales especializadas, que alojan múltiples tipos de recursos que son utilizados en diversos ambientes de e-learning. Una Federación de ROA sirve para facilitar la administración uniforme de aplicaciones para descubrir y acceder a los contenidos de los OA disponibles en un grupo de repositorios [3].

El perfil del estudiante almacena información del mismo, sus características y preferencias, lo que puede ser utilizado para primero, obtener resultados de búsqueda acorde con su especificidad y segundo adaptar la visualización de la interfaz. Manejar un perfil de usuario permite apoyar a un estudiante o a un docente en la selección de objetos educativos acordes con sus características personales y preferencias [4].

Los SMA caracterizados por ser la técnica más utilizada actualmente de la inteligencia artificial distribuida, se pueden definir como sistemas complejos constituidos por agentes autónomos con conocimientos específicos en un dominio, capaces de interactuar para realizar tareas orientadas a la consecución de un objetivo común [1]. Otra de las características de este tipo de sistemas es la facilidad de adquisición y procesamiento de información que se encuentra altamente distribuida, lo que se complementa perfectamente con la computación ubicua y los dispositivos móviles.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Uruchrutu et al. realizan en [5] un estudio para evaluar el diseño de interfaz según el estilo cognitivo de aprendizaje de un estudiante para facilitar el rendimiento en su aprendizaje, concluyen que se deben considerar las diferencias individuales para la construcción de modelos de usuario y así proporcionar entornos de aprendizaje adaptados, además con el análisis de los datos se discute que el estilo de la interfaz tiene un impacto en las preferencias de los estudiantes, que a su vez tienen un impacto en su capacidad de aprendizaje. Sin embargo, no trabajan con repositorios de objetos de aprendizaje.

Peissner et al. proponen en [6] interfaces adaptativas para usuarios con necesidades especiales, presentan los requisitos esenciales de los sistemas adaptativos, usando los patrones de diseño de interacción para la implementación de interfaces de usuario, con el fin de mejorar la accesibilidad a un máximo de la heterogeneidad de los grupos de usuarios. Aunque es un estudio preliminar para el desarrollo modular de interfaces adaptativas según características de usuarios (necesidades especiales) sin embargo, no trabajan sobre materiales de educación almacenados en repositorios de objetos de aprendizaje y no utilizan el estilo de aprendizaje como el factor más relevante. Kolas y Staupé presentan en [7] una interfaz personalizada para apoyar el proceso de e-learning. Esta interfaz tiene la capacidad de adaptar OAs y actividades de aprendizaje de acuerdo a las características de los estudiantes, considerando también las áreas de interés y el nivel de experticia en dichas áreas. Es importante denotar que esta investigación tiene en cuenta varias características del perfil, sin embargo, no considera gustos visuales de los estudiantes, tales como color y tamaño de las fuentes, tipos de recursos, formatos, etc.

Lee et al. desarrollan en [8] un prototipo de interfaz para dispositivos móviles con sistema operativo Android, el cual permite recomendar aplicaciones con base en el contexto espacio-temporal de los usuarios. Este trabajo recoge algunas características de los usuarios como el tiempo, la ubicación y el clima para filtrar las aplicaciones y recomendar las que más se acoplan al usuario en ese instante de tiempo. De esta manera, la aplicación pretende saber lo que el usuario quiere, ahorrando así tiempo en la búsqueda de las aplicaciones por parte de los usuarios. Sin embargo, este trabajo no considera una estructura portable y extensible que permita representar no solo los perfiles de los usuarios sino también los recursos que se desean recomendar.

4. MODELO PROPUESTO

A continuación se presenta el modelo ontológico utilizado para la representación del conocimiento de los perfiles de usuario así como los metadatos que describen los OAs. Luego se suministra el diseño del sistema multi-agente de recomendación de OAs basado en el perfil del estudiante propuesto, con interfaz adaptativa.

Con el fin de adaptar las interfaces y realizar las recomendaciones, es necesario contar con un mecanismo de representación del conocimiento, en el cual se definen las características del estudiante, además de sus gustos y limitaciones. Con base en esto, se decidió definir una ontología que permitiera no solo representar dicho conocimiento sino también realizar inferencias a partir de una estructura estandarizada, portable y extensible. En primera instancia se define la estructura de los perfiles de los estudiantes, donde se tienen almacenados datos personales como su nombre y fecha de nacimiento, aspectos académicos ligados a su historia académica, datos relacionados con preferencias visuales y de contenido, y aspectos psicopedagógicos como el estilo de aprendizaje. Las demás entidades de la ontología están relacionadas con los componentes technical y educational del estándar IEEE-LOM, utilizados para adaptar los OAs al perfil del estudiante.

BROA es un sistema Multi-Agente para búsqueda, recuperación, recomendación y evaluación de OA, de acuerdo a una cadena de búsqueda ingresada por el usuario. Los OAs resultantes de la búsqueda son recomendados según el estilo de aprendizaje y la evaluación realizada por otros usuarios. La búsqueda se realiza en repositorios locales y remotos, o en federaciones de repositorios,

accesibles vía web y con metadatos descriptivos de estos objetos. Debido a que los ROA están distribuidos, son diferentes en su diseño y estructura, y no manejan los mismos estándares de metadatos, se tiene por cada uno un agente que conozca cómo están almacenados los OA y cómo es su forma de acceso y recuperación, con el fin de facilitar las búsquedas.

El sistema fue construido bajo el enfoque de SMA con el fin de aprovechar sus ventajas, entre las que encontramos: el Paralelismo

para realizar simultáneamente la búsqueda en el ROA local y en los remotos, la capacidad de Deliberación para tomar la decisión sobre que ROA se debe realizar la búsqueda y que recomendaciones realizar al usuario, la Cooperación, Coordinación y Distribución de tareas para identifica claramente los problemas que debe resolver cada agente y definir sus límites.

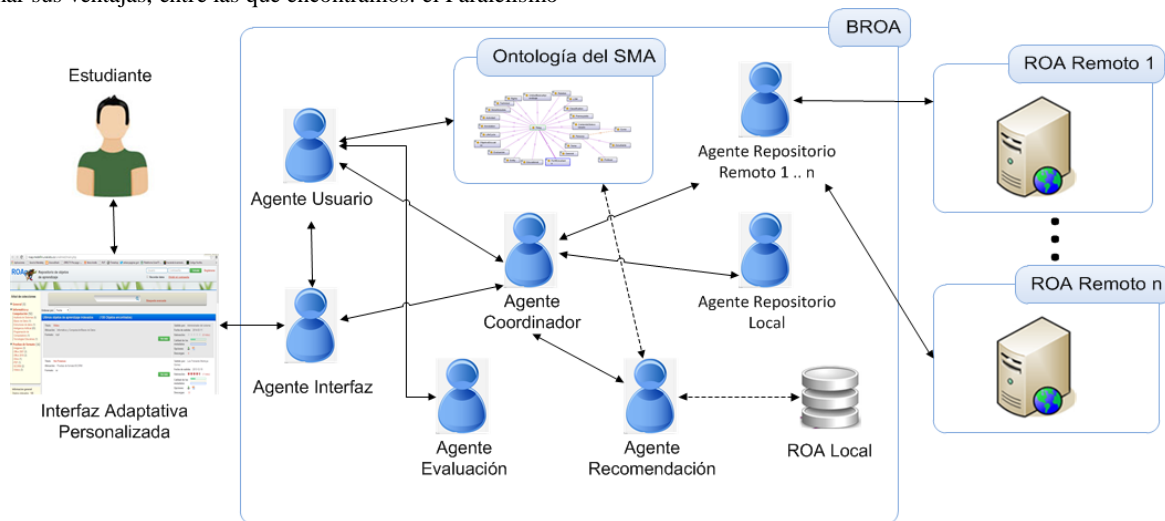


Figure 1. Arquitectura del SMA.

En la figura 1, se muestra la arquitectura del SMA propuesto cuyos agentes se describen a continuación:

Agente Interfaz: Este agente se encarga de hacer la adaptación de la interfaz del repositorio, según las características que definen el perfil del estudiante que está realizando las búsquedas. Se comunica con el agente usuario para conocer las preferencias del usuario, tales como formatos de los archivos, idiomas, tipos de materiales, color y tamaño de letra y nivel del volumen para los contenidos auditivos. De igual manera, se comunica con el agente coordinador que es el encargado de entregar los OAs resultantes de la búsqueda.

Agente Usuario: Es el agente encargado de representar al usuario humano dentro de la plataforma multi-agente, es decir, administra el perfil del usuario, permitiendo la creación y modificación de las características y sus preferencias, envía la cadena de consulta para que el agente Coordinador realice la búsqueda y permite evaluar los OA que son recomendados. De igual manera, este agente realiza inferencias a la ontología utilizando el lenguaje de consultas ontológicas SPARQL, con el fin de enviar características importantes al agente interfaz y este a su vez adapte los contenidos visuales.

Agente Coordinador: Este agente es deliberativo ya que se encarga de redireccionar las consultas que hace el usuario al repositorio local y a los remotos para realizar la búsqueda. Este agente conoce los repositorios asociados al sistema y cuales manejan que información. Además, accede a la información del agente usuario para conocer las características útiles para la recomendación (Estilo de aprendizaje, grado de escolaridad, preferencia de idioma). Los resultados los entrega al agente interfaz.

Agente Repositorio Local y Agentes Repositorios Remotos: Son los encargados de hacer las búsquedas propiamente en los

repositorios, tanto de forma local como remota. Estos agentes conocen cómo están almacenados los OAs en el repositorio respectivo, bajo qué estándar y el tipo de metadatos que maneja; también conoce el tipo de búsqueda que se puede realizar dentro del repositorio y cómo recuperar los OAs que hay en él. Cabe señalar que el agente del repositorio local se encarga además de almacenar la evaluación que le entrega el agente evaluador de cada OA. Igualmente, en la arquitectura propuesta existe un agente por cada repositorio local o remoto.

Agente Recomendador: Este agente realiza el proceso de recomendación sobre los metadatos que describen los OAs y en las informaciones de estilo de aprendizaje, grado de escolaridad y preferencia de idioma del estudiante registrado. Se buscan aquellos OAs acordes al perfil del estudiante.

Agente Evaluador: Es el agente que se encarga de gestionar las evaluaciones que realiza un usuario a algún OA que ha sido explorado. Se comunica así con el agente ROA local para almacenar estas evaluaciones, producto de la calificación explícita que da el estudiante seleccionando una puntuación de 1 a 5 de acuerdo a su nivel de satisfacción respecto a ese OA, donde 5 es muy satisfecho y 1 muy insatisfecho.

Para la implementación del prototipo de validación se utilizó el framework JADE (Java Agent DEvelopment Framework) el cual ofrece un conjunto de recursos para facilitar el desarrollo e implementación de ambientes computacionales para ser utilizados como instrumentos de la educación a distancia [9]. Para el desarrollo e implementación de la ontología se utilizó Protegé, una herramienta de código abierto desarrollada en JAVA, la cual permite el desarrollo de ontologías OWL. Posteriormente se procedió a integrarlo con el SMA a través del Framework JENA, mediante el cual se crearon las instancias y se realizaron las inferencias utilizando consultas SPARQL. Finalmente, el

repositorio local está implementado con el gestor de bases de datos PostgreSQL que se caracteriza por ser un sistema estable, de alto rendimiento y gran flexibilidad.

5. CASO DE ESTUDIO

Para el caso de estudio aplicado al prototipo implementado, se seleccionó un perfil de estudiante aleatorio, el cual permitió evaluar qué tan bien se adapta la interfaz a las necesidades y los requerimientos del estudiante. La tabla 1 presenta los valores de preferencias y gustos de dicho perfil, los cuales serán tenidos en cuenta para adaptar tanto los OAs presentados en la interfaz principal del SMA, como los aspectos visuales de esta interfaz. BROA entrega a través del agente de interfaz un listado de objetos recomendados al usuario, que son aquellos OAs que se adaptan a su estilo de aprendizaje y a sus preferencias.

Tabla 1. Tabla de valores para el caso de estudio realizado

Caso de estudio	
Formatos	jpg – pdf - png
Idiomas	Inglés
Tamaño de letra	Grande
Color de letra	Oscura
Tipos de materiales	Visuales - Textuales
Nivel de volumen	Alto

Con base en el perfil seleccionado, el sistema adaptó adecuadamente los componentes en la interfaz principal. La transición entre la interfaz original y la nueva interfaz adaptativa del sistema BROA puede ser observada en la figura 3. Esta figura presenta modificaciones respecto a idioma, color y tamaño del texto, recomendaciones iniciales de OAs que pueden ser de interés al estudiante de acuerdo a su perfil y materiales adaptados a sus preferencias. Las acciones anteriores son realizadas por el agente de interfaz en coordinación estrecha con el agente recomendador. De igual manera, el SMA a través del agente interfaz, es capaz de adaptar los contenidos en el momento que el estudiante decide accederlos, es decir, cuando el usuario decide acceder a un OA, el SMA está en la capacidad de activar automáticamente características del contenido. Por ejemplo, si el estudiante accede un OA visual-auditivo, el SMA activa los subtítulos o acomoda el tamaño de la pantalla si el estudiante así lo desea.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A partir del caso de estudio realizado y del perfil seleccionado para este, los resultados fueron divididos en dos frentes. El primero de ellos fue la adaptación de la interfaz del sistema BROA, personalizando aspectos como color y tamaño del texto, idioma, nivel de volumen auditivo y distribución del contenido. Mientras que en el segundo, se realizó una recomendación de OAs inicial, teniendo en cuenta calificaciones previas, tipos de materiales y formatos preferidos. Es importante resaltar que algunas de las características tomadas del perfil del estudiante ya habían sido establecidas previamente, por ejemplo, el estilo de aprendizaje fue identificado mediante un test realizado al estudiante al momento del registro.

Adicionalmente, cabe señalar se tiene un agente por cada repositorio asociado al sistema, que conoce cómo están almacenados los OAs y cómo es su forma de acceso y recuperación, con el fin de facilitar las búsquedas. Las búsquedas se realizan en un ROA local, donde están los OAs que ya fueron evaluados, y en los ROA remotos asociados al sistema.

El agente interfaz es clave para el desempeño de la interfaz adaptativa pues realiza adaptaciones visuales y de contenido. Las visuales se refieren a características gráficas de la interfaz principal como texto e imágenes, mientras que las de contenido permiten ofrecer OAs de interés para el usuario sin que éste lo solicite, exhibiendo así características de proactividad. Por ejemplo, si el usuario desea acceder OAs visuales y/o auditivos, el agente permite adaptar el nivel de volumen sonoro, los subtítulos del contenido del OA y el tamaño de la pantalla.

Como trabajo futuro se propone ampliar los comportamientos del agente interfaz para que realice adaptaciones a interfaces de dispositivos móviles, con el fin de brindar al sistema características de ubicuidad y movilidad. De igual manera, utilizar plataformas como Android puede ser de gran utilidad al momento de adaptar tanto las interfaces como los OAs, puesto que estas tecnologías ofrecen información contextual de gran utilidad como posición geo-espacial, acelerómetro, cámara fotográfica, redes sociales, etc.

7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado parcialmente por el proyecto de COLCIENCIAS titulado: "RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos" de la Universidad Nacional de Colombia, con código 1119-569-34172.

8. REFERENCIAS

- [1] López J., Víctor M. Interfaces de Usuario Adaptativas basadas en Modelos y Agentes Software. Tesis de Doctorado. Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Sistemas Informáticos, pp.324, 2005.
- [2] Learning Technology Standards Committee, "IEEE Standard for Learning Object Metadata," *Inst. Electr. Electron. Eng. New York*, 2002.
- [3] H. Van de Sompel and R. Chute, "The aDORe federation architecture : digital repositories at scale," *Int. J.*, no. 9, pp. 83–100, 2008.
- [4] A. Casali, V. Gerling, C. Deco, and C. Bender, "Sistema Inteligente para la Recomendación de Objetos de Aprendizaje," *Rev. Generación Digit.*, vol. 9, no. 1, pp. 88–95, 2011.
- [5] E. Uruchrutu, L. MacKinnon, and R. Rist, "User cognitive style and interface design for personal, adaptive learning. What to model?," in *User Modeling 2005*, 2005, pp. 154–163.
- [6] M. Peissner and R. Edlin-White, "User Control in Adaptive User Interfaces for Accessibility," in *Human-Computer Interaction-INTERACT*, 2013, pp. 623–640.
- [7] L. Kolas and A. Staupe, "A personalized E-learning Interface," in *EUROCON 2007 - The International Conference on "Computer as a Tool"*, 2007, pp. 2670–2675.
- [8] H. Lee, Y. Choi, and Y.-J. Kim, "An adaptive user interface based on spatiotemporal structure learning," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 6, pp. 118–124, Jun. 2011.
- [9] F. Bellifemine, A. Poggi, and G. Rimassa, "JADE – A FIPA-compliant Agent Framework," *Proc. PAAM*, 1999.

A Systematic Review of Technology Acceptance Model in e-Learning Context

Nurcan Alkıs
Middle East Technical University
Informatics Institute
Turkey
+90 312 210 77 22
alnurcan@metu.edu.tr

Duygu Fındık Coskunçay
Middle East Technical University
Informatics Institute & Atatürk
University, Turkey
+90 312 210 77 22
fduygu@metu.edu.tr

Sevgi Özkan Yıldırım
Middle East Technical University
Informatics Institute
Turkey
+90 312 210 77 11
sevgiokz@metu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, a systematic review was performed to identify the factors that affect adoption of e-learning systems by end-users. There are different studies in literature that examine factors affecting end-users' e-learning acceptance and adoption. However any single study has not examined existing literature systematically in this context. This systematic review will be helpful to the people who are interested in e-learning and its adoption by providing effective factors in the literature which strongly influence the users' e-learning and related systems' perception. More importantly, this systematic review helps to identify the needs of the literature.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computers Uses in Education – computer-assisted instruction, distance learning.

General Terms

Human Factors, Theory.

Keywords

E-learning, Technology Acceptance Model, Systematic Review.

1. INTRODUCTION

The Information and communication technologies and Internet have great impact on modern education. Bates [1] indicates that supporting a learning environment with technologies improves the quality of learning, access to education and training, cost effectiveness of education and reduces cost of education. E-learning context has become so popular through these obtained benefits. E-learning is defined as “technology-based learning in which learning materials are delivered electronically remote learners via a computer network” [2]. Although advantages of the e-learning has been widely recognized and accepted, rejection towards use of e-learning applications remains high. In order to predict the reasons behind this contradiction, several technology adoption models were developed and tested; such as Theory of Reasoned Action (TRA), Theory of Planned Behavior (TPB), Technology Acceptance Model (TAM), Social Cognitive Theory (SCT), Diffusion of Innovation Theory (DOI), and Uniform Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). TAM is the most widely applied theoretical model in the Information Systems (IS) field to identify user adoptions of IS applications [3]. Similar with IS discipline, too many study has been conducted to evaluate end users' e-learning adoption and acceptance. However, there is not any study summarizing these researches in a systematic approach. On the other hand, several

studies exist in literature which examine general technology adoption researches without concentrating on a specific domain [4] or examine the adoption and acceptance researches concentrating on a specific field like e-health [5]. For these reasons, a systematic review is required to identify, evaluate and interpret all the resources of research in e-learning context. The aim of this systematic review is to evaluate the resources according to topic area, which is acceptance of e-learning. In this context, the research questions are follows:

- What are the inadequacies in the literature of e-learning acceptance?
- What are the effective factors in e-learning acceptance?
- What are the main dimensions that classify the factors which are effective in e-learning acceptance?

2. METHODOLOGY

In this study, 26 articles which are in the context of e-learning acceptance were systematically reviewed. In order to perform an effective systematic review, the existing studies in the literature were searched according to specified criteria. After the studies were searched, selection and interpretation criteria were determined.

The study of Selim (2003) was taken as a starting point to search TAM studies in this context of e-learning. English was selected as search language, because most of the studies in this context were written in English. The “Technology Acceptance Model”, “TAM”, “TAM2” plus “e-learning”, “web-based learning”, “online learning”, “internet-based learning” and “behavioral intention to e-learning”, “acceptance of e-learning”, keywords were used to conduct the search. The articles were searched from Elsevier, ScienceDirect and ERIC databases which are available in ww2.lib.metu.edu.tr as well as from popular search engines (like www.scholar.google.com, www.scopus.com). In order to reach more studies, reference lists were followed to find out related new studies. The studies in the literature were published in different levels of journals or presented in different conferences. The studies published SSCI and SCI indexes were assessed. A database was developed to store author, journal, constructs, and relations between the constructs information. The data stored in the database could be searched according to specified criteria.

The found 100 studies were eliminated and entered to the database according to the following criteria: Firstly, keywords, titles and abstracts were examined to evaluate the appropriateness of the studies before taking the full copies of them. Secondly, studies published between 2000 to present were included in the database. Thirdly, studies were extracted according to their

sample and sample type; students and instructors were included. Ages and educations of the samples were not considered. Lastly, the studies, which took original TAM as a theoretical model, were included. Also the studies including only one or two constructs of TAM were excluded if they were based on different adoption models. The examined studies are in section 7.

3. EMPIRICAL RESULTS

In the analysis part, the descriptive statistics was used to investigate the characteristics of the sample. Then the constructs used in the studies were examined under a created framework including Social, Belief, Personal, System, Institutional and Popularity of E-Learning dimensions. When performing descriptive examination, the following factors were kept in mind; sample type, sample size, response rate, country information, availability of measurement items, variance over behavioral intention or system use, software used in statistical analysis, research method and e-learning tools. The studies were performed with four sample groups: graduate, undergraduate, high school students and instructors. Out of 26 studies, 73% were conducted with undergraduate students, 11% of them analyzed graduate students' acceptance of e-learning. 4% of studies collected data from both graduate and undergraduate students. 4% of the studies investigated high school students' acceptance of e-learning and 8% of the studies were conducted with instructor sample type. Sample size of the studies showed variety. Sample size of the studies conducted with undergraduate students change between 31 and 1125, meanwhile sample size of graduate students were change between 45 and 899. One of the studies examined graduate and undergraduate students together with total 1400 sample size. Also out of 26, only two studies considered instructors which had 302 and 680 sample sizes. In only one study, high school students were examined with sample size 492. In the existing studies, 35% of which did not give any information about response rate of their survey. Response rate information of the remaining studies change from 33% to 98%. The studies were performed in different countries; Taiwan had the greatest percentage throughout 9 different countries which was 27%. Spain and United States had 19.2%, China, United Arab Emirates and Canada had 4% and Malaysia and South Korea had 7.6% over countries where the studies were performed. The studies were examined to find out the availability of measurement items, total variance on behavioral intention or system use and the software used in statistical analysis. Throughout 26 studies, 11.5% did not give the measurement items used in the researches, 15% did not give the total variance information for behavioral intention or actual system use and 23% did not give any information about used software for statistical analyses. According to the results of the review, LISREL was the most frequently used statistical analysis software; following PLS was the commonly used. Also, in some studies SPSS and AMOS were used. All of the studies used quantitative research method in their studies; additionally two of them used both qualitative and quantitative methods in their studies. Lastly, all studies mentioned about the system under consideration or method about e-learning, however, detailed characteristics of the systems were not given.

In total, 80 statistically significant constructs were identified over 26 studies, which investigate the acceptance and adaption of e-learning. The factors that have same meaning were combined under one factor. For example, "behavioral intention", "intention to use", "user intention" and "intention" factors were used in same meaning so they were grouped under "behavioral intention"

factor. After that the 80 constructs were grouped under Social, Belief, Personal, Application, Institutional and E-Learning Popularity dimensions. The mentioned classification was determined by analyzing the factors' perspective over acceptance of e-learning. Under **Social Environment** classification, the factors that reflect the effects of social environments on individuals' acceptance of e-learning were investigated. Over 26 studies the following factors which had a significant relation were grouped as social environmental factors: *Subjective Norm, Social Norms and Peer Encouragement*. Among these factors, Subjective Norm and Social Norm were used in the same meaning. These factors significantly affected end users' usefulness perception and future intention towards system use. **Belief Dimension** includes the factors that reflect the end users' perceptions towards acceptance of e-learning applications. The following factors were categorized under this classification: *Perceived Ease of Use, Perceived Usefulness, Perceived Affective Quality, Perceived Behavioral Control, Perceived Enjoyment, Perceived Flexibility, Perceived Faculty Encouragement, Perceived Interaction, Perceived Incentives to Use, Perceived Learning, and Perceived System Quality*. *Perceived Ease of Use, Perceive Usefulness and Perceived Enjoyment* were the most frequently used factors under belief dimension. Perceived Usefulness and Perceived Ease of Use are the main belief factors of original TAM and they had significant effect on users' future intention towards system use, attitudes and actual system use. Also, Perceived Ease of Use significantly affected usefulness perception of end users. In addition, users' attitudes and perception of easiness were significantly influenced by their enjoyment perception. **Individual Characteristics** refers the end users' personal characteristics and differences that would affect their behavior towards e-learning use. Over 26 studies the following factors were identified as individual characteristics researched in e-learning adoption: *Anxiety, Awareness of the Capabilities of the System, Application Specific Self-Efficacy, Computer Attitude, Concentration, Confirmation of Expectation, Curiosity, Computer Self-Efficacy, Focused Immersion, Instructor Characteristics, Internet Experience, Instructor Emphasis on Interaction, E-Learning Self-Efficacy, Performance Expectation with Computer and Web Use, Personal Innovativeness in the Domain of IT, Previous Online Learning Experience, Prior Experience, Statistics Anxiety, Self-Efficacy, Student Emphasis on Interaction, Self-Efficacy in Using Web, Statistical Software Self-Efficacy, Satisfaction, User Adaptation*. Self-Efficacy was the most frequently used constructs to measure effects of individual characteristics on e-learning adoption. Self-Efficacy mostly directly affected users' usefulness and easiness perception. The factors examined the effects of **Application Characteristics** over adoption of e-learning use were classified under the system characteristics. The following factors reflecting the features of the systems were collected under this classification: *Accessibility, Communicativeness, Compatibility, Content Quality, Design of Learning Contents, Feedback, Format, Interactivity and Control, Interaction, Information Quality, Media Variety, Pedagogical Quality, Reliability, System Factors, System Functionality, System Interactivity, System Quality, System Response, Teaching Materials, User Interface Design, User Tools, Technical Quality*. These constructs were examined in one time. View point of organizations and their support towards e-learning application affects system acceptance of end users; and the related factors were examined under **Institutional Factors**. Therefore, the factors related to organizations' or institutions' supports were specified as follows:

Availability of the Technical Support, Class Section Size, External Computing Support, External Computing Training, External Equipment Accessibility, Internal Equipment Accessibility, Internal Computing Support, Internal Computing Training, Learning Goal Orientation, System Accessibility Organizational Factor, Service Quality, Use for Distance Education, Use for Supplementary Learning, Technical Support, Group-Oriented Assessments, Individual Oriented Assessments, Methodology, Online Course Design, Supplementing Web-Based Courses with On-Site Meeting. Throughout the institutional factors, only Learning Goal Orientation was examined in two studies, the remaining constructs were investigated only one time. Under **E-Learning Popularity** dimension, the constructs reflecting e-learning popularity were grouped. Only *Diffusion* construct under this dimension. Diffusion was examined in one study and it had a significant effect on users' enjoyment perceptions.

4. DISCUSSION

According to the descriptive results of the systematic review, the studies were discussed under sample type, sample size, response rate, country, measurement items, variance and statistical software factors.

Most of the studies conducted with student sample type and there was not enough study considers instructors and other educational levels such as high school students or teachers. Future researchers should concentrate on different sample types rather than students. Also, sample size and response rate of will be valuable for future researchers to guide their sample selection.

When the country information is considered, it is seen that the studies were performed around the limited number of countries. In total, the studies were conducted in nine countries, which is not efficient to generalize technology acceptance in e-learning context throughout the world. The factors affecting users' adoption of e-learning may be change from culture to culture, so different countries and cultures need to be examined with future studies to be able to make generalization.

Most of the studies gave the measurement items of scales. The scales included questions from existing literature; however, the researchers who examined "System Functionality", "System Interactivity", "Online Course Design", "User-Interface Design", "Previously Online Learning Experience" and "Perceived Interaction" developed their own questions to measure the constructs.

Variance information shows the prediction and explanatory strengths of the models. In order to evaluate prediction and explanatory power of the proposed models, variance information should be given. However, some of the studies did not give this value. Lack of this value causes difficulties in making comparison between the models.

Information about statistical analysis programs will be valuable for future researchers to understand the appropriate programs for required analysis.

Results show that most of the studies used questionnaire method to collect data except two studies that used both interview and questionnaire methods. As Gürbüz [6] said that quantitative research method is not capable of to measure the related constructs for every aspects, it must be supported with qualitative research methods, so the studies are needed to be conducted with qualitative research in addition to quantitative research.

The variables which have the same meaning were used with different expressions. This can limit the readability of the models while researchers are reviewing the literature and cause standardization problems for future researchers. For instance, when a researcher looks at the model, he/she should obtain an insight about the model without reading the whole document if there is standardized expression for variables.

Lastly, results of the systematic review show that some of the studies did not mention about e-learning applications and tools or how e-learning course was conducted in details. In such cases, it is not possible to make comparison between models, because e-learning tools provide different features.

According to information obtained from systematic review, only two of the studies tested original TAM. The remaining studies extended TAM by adding external variables or combining with other user intention theories. The factors were identified and grouped according to their characteristics and aims. The factors are grouped under Social, Belief, Individual, System, Institutional, and e-Learning Popularity dimensions.

First dimension is Social Factors, which is related with the effects of social environment on users' intention towards e-learning. Colleagues, friends and peers may affect end users' behavioral intention toward system use and their belief about e-learning. The review shows that people who around the users affect their usefulness perception, future and continuous intentions and attitude positively towards e-learning system. Also, few number of studies conducted to explain effects of social factors, the number of studies should be increased to strengthen the validity of social factors' effects over e-learning applications.

The second dimension is Belief that includes the factors related with the perception of users. The main factors of original TAM, Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness, were investigated in all reviewed studies. These factors were grouped under belief dimension. These two factors were adequately analyzed to understand their effects over users' intentions towards e-learning. However, the remaining belief factors were not examined as much as original TAM factors. In order to explain effects of belief factors on users' intention towards e-learning, the number of studies should be increased to strengthen the validation of factors. Enjoyment factor is one of the most frequently used belief factor conducted with students samples; none of the studies has examined this construct with instructor sample. Future researches should be performed to examine this construct over instructor sample.

The third dimension is Individual Characteristics of users including 24 factors. They are mostly related with the users' experiences, capabilities, differences and characteristics. Over these factors, self-efficacy is the most frequently examined factor. The effects of self-efficacy over usefulness, easiness perception and behavioral intention were examined mostly. Satisfaction is the other frequently examined factor in e-learning context. The results show that satisfaction of the users directly influences their behavioral intention towards system use. The factors included in individual characteristics dimension are usually studied in one or two studies; in order to verify results of the studies, new researches should be conducted.

The fourth dimension is System Characteristics including 21 factors that reflect the effects of systems features. These factors are examined only one times and this number is not sufficient to

be able to make a generalization about the effects of system characteristics on users' adoption or acceptance of e-learning.

The fifth dimension is Institutional Factors including 19 factors. They reflect institutional support, facilities and tendency. Most of the factors were researched for one time which is not efficient to reach a conclusion about how institutions affect the users' intentions towards e-learning.

The last dimension is Popularity of E-Learning which includes one factor, Diffusion. Although awareness of end users towards e-learning is measured with Diffusion factor, it is not sufficient to evaluate popularity of e-learning only with this perspective. Therefore, the researchers should identify other factors to examine the effects of users' awareness of e-learning towards behavioral intention.

5. CONCLUSION

In the literature, too many studies examining users' behavioral intention towards e-learning exist. In the scope of this study, a systematic review was performed. This study will help future researchers by giving a general idea about the concepts of the studies examining adoption of technology in e-learning. In the reviewed studies, the main focus was on the factors grouped under Belief, Individual, System and Institutional Dimensions. The factors under Social and Popularity of E-Learning were not considered as much as the factors under other groups. Additionally, classification groups should be strengthened by studying existing factors in new researches and extended by identifying new factors. For example, Popularity of e-Learning involves only one construct. In order to extend the content of this dimension, new viewpoints such as Awareness of e-learning, Consciousness level of Users, Attainability of E-Learning should be researched. It was observed that, the 26 studies proposed different technology adoption models for e-learning except two studies which assessed only original TAM. This is evidence that there is not a unique technology adoption model for e-learning tools or applications. Moreover this systematic review may help successful system implementation by providing different aspects of e-learning by combining and classifying the validated factors that affect user' intentions. Also this classification can be useful for e-learning tool developers to understand the needs of end users and help them to provide better solutions.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This study was financially supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK, project number: 109K394) in 2010.

7. THE REVIEWED STUDIES

DOI numbers of the reviewed studies can be searched with "http://dx.doi.org" address. Only one study is given with its reference. Because the DOI number of the article could not be found. DOI numbers of the reviewed studies are as follows;

1. 10.1016/S0360-1315(02)00142-2
2. 10.1016/S1071-5819(03)00114-9
3. 10.1.1.3.1579
4. 10.5465/AMLE.2004.12436815

5. 10.1016/j.im.2003.10.007
6. 10.1016/j.im.2003.12.013
7. 10.5465/AMLE.2005.17268561
8. 10.1016/j.compedu.2004.10.007
9. 10.1016/j.compedu.2005.12.003
10. 10.1016/j.compedu.2004.11.007
11. 10.1016/j.compedu.2007.01.001
12. 10.1016/j.compedu.2006.09.001
13. 10.1111/j.1467-8535.2007.00742.x
14. 10.1080/01449290600958965
15. 10.1016/j.compedu.2008.11.006
16. 10.1016/j.compedu.2007.06.013
17. 10.1111/j.1467-8535.2007.00770.x
18. 10.1016/j.compedu.2009.06.014
19. 10.1016/j.compedu.2008.11.002
20. 10.1016/j.compedu.2009.02.021
21. S. Y. Park, "An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioural Intention to Use e-Learning", *Educational Technology and Society*, vol. 12, pp. 150-162, 2009.
22. 10.1016/j.chb.2008.10.003
23. 10.1111/j.1467-8535.2008.00893.x
24. 10.1016/j.compedu.2009.09.002
25. 10.1016/j.compedu.2009.07.005
26. 10.1016/j.compedu.2009.09.009

8. REFERENCES

- [1] A. W. Bates, "Restructuring the university for technological change," in *The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*, London, 1997.
- [2] D. Zhang, J. L. Zhao, L. Zhou, J.F.Jr Nunamaker, "Can E-learning Replace Classroom Learning?," *Communications of the Acm*, vol. 47, no. 5, 2004.
- [3] Y. Lee, K. A. Kozar, K. R. T. Larsen, "THE TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL: PAST, PRESENT, AND FUTURE," *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 12, pp. 752-780, 2003.
- [4] P. Legris, J. Ingham, P. Collette, "Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model," *Information & Management*, vol. 40, pp. 191-204, 2003.
- [5] R.J. Holden, B-T. Karsh, "The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 43, no. 1, pp. 159-172, 2010.
- [6] T. Gürbüz, "The power of knowledge management in higher education.," in *The International Consortium for Educational Development Conference (ICED)*, Salt Lake City, Utah, USA, 2008.

A Review of Quantitative Empirical Approaches in Human-Computer Interaction

Javier Fernández
Serrano

Silvia T. Acuña

José A. Macías

Departamento de Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid
Calle Francisco Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España
javier.fernandezs01@estudiante.uam.es, {silvia.acunna, j.macias}@uam.es

ABSTRACT

Experimentation plays a major role in the development and validation of new theories in the field of human-computer interaction (HCI). In this paper, we address quantitative empirical studies, an approach that has become the standard methodology for conducting research in HCI. This research provides an in-depth review, gathering a representative and relatively extensive collection of primary studies. We aim to identify relevant research lines in HCI in which quantitative approaches have been employed in order to construct a consistent and comprehensive taxonomy of quantitative approaches and form a broad picture of the procedures, tools and techniques employed. A systematic mapping study methodology has been adopted to produce reliable results in a reproducible and agile manner.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems - *Human factors*; H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces - *Evaluation/methodology*; A.1 [General Literature]: Introductory and Survey

General Terms

Experimentation, Human Factors

Keywords

Human-Computer Interaction, Empirical Process, Experimental Study, Review, Systematic Mapping Study

1. INTRODUCTION

Human-computer interaction is a broad multidisciplinary area of study, with presence within both the research community and industry. As a relatively young discipline, it is strongly connected to more mature fields that actively provide new insights and experiences. The increasingly com-

puterized world in which we live makes HCI a key domain and the mere publication of results is no longer good enough. Methodology and justification matter now more than ever.

HCI deals with a particular part of reality and, as concluded in other areas, empirical evidence is an inescapable step in the discovery process. Although the vast majority of HCI researchers agree on this, there is still debate between qualitative and quantitative approaches. Quantitative approaches are perceived as the only valid paradigm [26], and are hence more widespread in HCI literature than qualitative research.

Despite the importance of quantitative empirical studies in HCI, we have not found any review that specifically addresses this topic from a general and theoretical perspective. A number of empirical HCI reviews have been found¹ [10, 20], but either they have a narrow focus (e.g., mobile usability) or they do not pay enough attention to empirical aspects or use *ad hoc* review protocols. Outside the HCI area, namely in the software engineering (SE) field, there is abundant literature relating to empirical statistical issues [12, 19] and good practices [23].

The main goal of this paper is to unveil the existing link between HCI and empirical approaches. First of all, we aim to illustrate the various branches of HCI studied from an empirical standpoint, either currently or in the past, reporting currently active lines of research, as well as the most relevant findings. The second goal of this review addresses experimental procedures in HCI, including an overview of experimental stages (design, execution and data analysis) and empirical activities. We will also discuss the suitability of selected techniques and procedures, as well as pointing out flagrant errors. One last goal is to exemplify the use, in the context of HCI, of the systematic mapping study (SMS) methodology, which has been successfully employed in SE to produce reliable results in a reproducible and agile manner [6].

This paper is structured as follows. Section 2 describes the SMS methodology and final implementation, emphasizing the main points where our execution (slightly) diverges from the standard steps. Section 3 answers research questions raised in Section 2. Finally, Section 4 synthesizes and discusses the results.

¹A parallel review search was conducted by means of the same protocol used to identify primary studies. This will be discussed in the following sections.

2. METHODOLOGY

Systematic literature reviews (SLR) are conceived as a means of acquiring knowledge in an exhaustive, unbiased and reproducible manner. SLR is best suited to disciplines requiring an accurate and audit-proof state of the art such as medicine, where SLR has been widely used to examine existing evidence.

Kitchenham proposes a well-known list of SLR guidelines aimed at SE researchers in [22]. This methodology, though comprehensive and rigorous, is very time consuming. The methodology employed in this review is a lighter version of Kitchenham's approach, known as systematic mapping study (SMS), which is especially well-suited for empirical "gap" identification [4].

2.1 Research Questions

The first step in a SMS is to define the research question(s) that the review aims to answer. The research questions addressed in this paper are as follows:

- RQ1 What HCI-related topics does empirical research address?
- RQ2 What are the main empirical findings in HCI thus far?
- RQ3 What types of quantitative empirical studies are performed in HCI?
- RQ4 What are the main characteristics of participants in HCI empirical studies?
- RQ5 How are empirical studies designed in HCI?
- RQ6 What statistical tools are used in quantitative empirical HCI research?

The above questions cover a broad spectrum of empirical knowledge [4]. Questions RQ1 and RQ2 aim to discover the coverage and relevance of empirical research in HCI. Questions RQ3 to RQ6 look at how the empirical process is instantiated in HCI.

2.2 Search Strings

Research questions need to be coded so as to be processed by search engines for information retrieval.

Most search engines support queries constructed by means of logical operators, namely "AND" and "OR" [22]. Although some provide useful operators like "NEAR", we decided to use only logical operators to assure query portability. It should be noted that logical operators are not always available from the basic query entry mode, and, depending on the search engine, the "Advanced search" (SpringerLink), "Command search" (IEEE Xplore) or even "Expert search" (Science Direct) modes typically have to be used. Finally, it is important to remember that search strings can be applied to titles, abstracts, keywords or meta-data (among other fields) and not necessarily to search the full text.

Queries constructed using Boolean syntax may follow a semantic pattern. Although not mandatory [22], it is a common practice among reviewers. For instance, [6] include one or more synonyms in each *maxterm*². Then, *maxterms* are linked by means of "AND" operators. Dieste et al. go beyond this intuitive strategy in [11], making their search strings conform to the PICOC (Population-Intervention-Comparison-Outcome-Context) pattern.

²This terminology is borrowed from *Boolean algebra*.

The number of search strings is not *a priori* bounded, because *maxterm* size and quantity is not prescribed. It is commonplace to restrict the *maxterm* size to one atomic symbol [6, 11], so synonym variability is covered by increasing the total number of search strings. However, this strategy is not feasible if we have three or more *maxterms*, each intended to cover as many synonyms as possible, because the resulting number of search strings would be too large to report individual results. Keeping *maxterm* size equal to one helps to determine which synonyms produce better results, but this goal is outside the scope of this paper.

A single search string was considered, with the following three-maxterm structure: <HCI> AND <experimental-study> AND software. The last maxterm consists of a simple one-word string, and does not therefore have to be enclosed between quotes³. It limits searches to software context (neither the term *usability* nor *accessibility* is used exclusively in HCI). The <HCI> and <experimental-study> maxterms convey the HCI topic and experimental features, respectively, to which we expect primary studies to conform. Specifically, their structure is as follows:

- <HCI> = ("human computer interaction" OR "computer human interaction" OR "human machine interaction" OR "man machine interaction" OR *usability* OR *accessibility* OR "human factors" OR "user experience" OR "user centered" OR "user centred" OR "affective interaction" OR "affective computing" OR "affective design")
- <experimental-study> = ("empirical study" OR "empirical research" OR "empirical investigation" OR "empirical evaluation" OR "experimental study" OR "experimental research" OR "experimental investigation" OR "experimental evaluation")

For the <HCI> maxterm several "human-computer⁴ interaction" synonyms were included, as well as sub-branches of HCI and American/British English spelling variants. Furthermore, acronyms like HCI or UX (which stands for *user experience*) took no part in the discussion. Finally, the <experimental-study> maxterm simply consists of strings formed by the Cartesian product of {empirical, experimental} and {study, research, investigation, evaluation}.

2.3 Inclusion and Exclusion Criteria

Inclusion criteria are defined to contain general known requirements with which every selected paper should comply, whereas exclusion criteria comprise perhaps unforeseeable exceptions (prior to document search) to the former. Two filters were applied, always taking into consideration both types of criteria, targeting different parts of the paper: the first filter was applied only to document-level information (e.g., type of publication, language, etc.) and titles, whereas the second covered the full text.

Inclusion criteria were as follows:

- The full text of the document is written in English.
- The document was published in a journal or conference proceedings.

³For instance, "software" produces the same results as *software*, but "software hardware" and *software hardware* are not equivalent.

⁴Most search engines are not hyphen-sensitive, so hyphens were removed from search strings.

- The title refers to an empirical study, explicitly including one of the following words: “empirical”, “experimental”, “empirically” or “experimentally”.
- The title refers to HCI, to one of its subareas or to relevant concepts in HCI. Publication in a HCI-area journal or conference proceedings will suffice for conditional inclusion.
- The abstract refers to obtained results.
- The paper presents, at least, one quantitative study.
- The paper references hypotheses or conjectures.
- The paper uses inferential statistics.
- The paper discusses design and execution of the empirical study.
- The paper discusses the results of the empirical study.

Exclusion criteria were as follows:

- The document is not publicly accessible.
- The title references a *review* or a *case study*.
- The title references *meta-analysis*.
- The title references usability outside the HCI context.
- The title references a specific experimental study phase (e.g., experimental design).
- The title references HCI in a very technical context (e.g., wireless communications).
- The title references HCI-born disciplines that today have a substantial body of knowledge (e.g., e-learning).
- The paper presents results about meta-experimentation or HCI education.
- The paper procedures are not relevant for HCI.

2.4 Selection Process

A total of five well-known search engines were used in this review. All searches conducted in each search engine were undertaken in a 24-hour span to retain results accuracy, while full result reports were kept for prospective audit in several formats.

The results are summarized in Table 1. The “Retrieved” column contains the number of papers provided by each search engine immediately after search strings were entered. The “Candidates” column contains the number of papers retrieved from each search engine whose title and document-level information alone comply with inclusion and exclusion criteria. The “Selected” column represents the number of candidate papers that comply with inclusion and exclusion criteria after full-text inspection. Papers included in the above columns may be counted more than once, as some of them were indexed by more than one search engine.

A set of 38 duplicate-free papers were retrieved. Only 17 of them qualified for scanning, thorough reading and summarizing. The papers were examined in strict alphabetical order in order to avoid selection bias. One of the selected papers was eventually excluded because it reported an experiment whose procedure did not meet the HCI standards intended for this review. A total of 16 primary studies qualified.

Primary studies are presented in Table 2 along with their respective sources. The fact that only one out of sixteen primary studies was indexed by more than one search engine strongly supports our documentation sources selection.

Table 1: Results of the SMS

Search Engine	Retrieved	Candidates	Selected
ACM Digital Library	6743	21	14
IEEE Xplore	186	4	4
ScienceDirect	12278	18	8
SpringerLink	676	6	2
Web of Knowledge	626	31	14

Table 2: Primary study list

Alias	Reference	Source(s)
[AND07]	[1]	ACM Digital Library Web of Knowledge
[BOL09]	[2]	Web of Knowledge
[BRO12]	[3]	ScienceDirect
[CAS06]	[5]	ACM Digital Library
[CON09]	[7]	SpringerLink
[COR05]	[8]	ACM Digital Library
[DEC11]	[9]	IEEE Xplore
[FAN07]	[13]	ScienceDirect
[FAR12]	[14]	ACM Digital Library
[GER09]	[15]	ACM Digital Library
[GRY08]	[16]	Web of Knowledge
[HAR95]	[17]	Web of Knowledge
[JOH05]	[18]	Web of Knowledge
[KIM03]	[21]	ScienceDirect
[KOM11]	[24]	Web of Knowledge
[KUN07]	[25]	ScienceDirect

3. RESULTS AND DISCUSSION

This section provides factual answers to and deeper insights into the questions raised in section 2.1. Sections 3.1 and 3.2 outline research interests and findings appearing in HCI. The remaining sections focus on empirical study categorization, population sampling, experimental design and statistical tools.

3.1 (RQ1) What HCI-related topics does empirical research address?

Table 3 categorizes the topics addressed by primary studies. Three major HCI topics have been identified as empirically relevant: usability, interaction and human factors. The resulting taxonomy matches a tree pattern, with well-documented HCI subareas as interior nodes and primary studies as leaves.

3.1.1 Usability

Usability is largely addressed in the context of web applications, focusing on navigability, which may be enhanced through content structure or inclusion of auxiliary tools. This applies to [FAN07], where various semantic approaches to knowledge presentation are compared. On the contrary, [DEC11] aims to prove the beneficial effects of enhanced guidance and orientation.

Two completely different dimensions of usability were targeted by [AND07] and [BOL09]. [AND07] studies which of a set of remote testing techniques performs better when detecting usability problems. [BOL09] offers an innovative perspective of usability as a tool to enhance the perception of corporate values by consumers.

3.1.2 Interaction

Empirical studies on interaction are divided into three major topics, depending on which main type of interactive dimension they address. Physical interaction refers to ways of using computers employing the human body, with or without direct contact. Both [BRO12] and especially [FAR12] explore the naturalness of physical interaction through movement and gestures, respectively. However, [BRO12] focuses on different strategies available for mobile devices and thus

Table 3: Primary study categorization

{	HCI	{	Usability	<ul style="list-style-type: none"> Usability Testing - [AND07] Web Navigability { [DEC11], [FAN07] Usability Applications - [BOL09] 	
			{	Interaction	<ul style="list-style-type: none"> Physical Interaction { Mobile Interfaces - [BRO12], Natural Interfaces - [FAR12] Multimodal Interaction - [GRY08] Affective Interaction { [CON09], [KIM03], [KOM11]
				Human Factors	<ul style="list-style-type: none"> Cognition { [GER09], [HAR95], [KUN07] Personality - [JOH05] Behaviour { [CAS06], [COR05]

makes a broader comparison, which is not confined to natural interfaces.

Two of the three papers targeting the affective dimension of HCI employ agents. The agent in [CON06] is designed to act intelligently, helping and motivating students. Contrarily, importance is attached to agent appearance in [KOM11] and no user feedback is addressed. Finally, no agent is used in [KIM03] and emotions are conveyed through web element composition.

Last but not least, multimodal interfaces are addressed in [GRY08], leveraging multiple interaction channels, namely text, speech and images, to reinforce learning.

3.1.3 Human Factors

This branch of empirical HCI covers papers that, to some extent, have to do with psychology and sociology. A first recognizable area of human factors relates to cognition, and more precisely perception [HAR95] [KUN07], (working) memory and cognitive styles [GER09] (image/verbal). Icons play a central role in testing perception in both [HAR95] and [KUN07].

Empirical studies on personality try to validate a complex psychological model, (see [JOH05]), where personality traits, along with computer experience, are believed to explain the construct of computer self-efficacy. Contrarily, in this context, hypotheses about behaviour rely on observation rather than models. In fact, [CAS06] merely observes undo mechanism interpretation. Finally, [COR05] is an interesting study about whether experts trust software tools to do much of their work and under what circumstances.

3.2 (RQ2) What are the main empirical findings in HCI thus far?

The main findings are summarized in Table 4. With the exception of [GRY08] and [KOM11], all primary studies report successful results regarding targeted hypotheses. However, not all of them are equally valuable since some authors *fish* for results [23]. For instance, [DEC11] emulates a between-group design by means of an execution and replication, which is not fair because the replication is conducted

Table 4: Main results

Primary Study	Empirical Results
[AND07]	Remote asynchronous testing results are not affected by competency level of testers.
[BOL09]	High(low) usability enhances(damages) brand value perception.
[BRO12]	Accelerometer interface is the one preferred by users of a scroll-shooting mobile game.
[CAS06]	Not all undo mechanisms spring to mind with equal frequencies.
[CON09]	Emotions predictor performs well even without goal-predicting information.
[COR05]	Experts check automatic-solver step-by-step solution more frequently than novices.
[DEC11]	Guidance mechanisms enhance web usability.
[FAN07]	Usage-oriented navigation structures are more usable than subject-oriented ones.
[FAR12]	Gestural interfaces cause more fatigue.
[GER09]	Cognitively tailored content presentation enhances task performance.
[GRY08]	Multimedia interfaces do not enhance high functioning autistic users' learning.
[HAR95]	All icon, background and transparency level factor combinations affect foreground legibility.
[JOH05]	Computer self-efficacy model that includes personality traits matches empirical data.
[KIM03]	Successful linear regression of emotion levels on aesthetic web design factors.
[KOM11]	Dog-like robot's appearance is misleading for attitude-conveying sound interpretation.
[KUN07]	Icon type affects both abstract and concrete learner's performance.

Table 5: Empirical study categorization

Type of Study	Primary Studies	Total
True experiment	[BOL09], [BRO12], [DEC11], [FAN07], [FAR12], [GER09], [HAR95], [KOM11]	8
	[AND07], [COR05], [GRY08], [KUN07]	
Quasi-experiment	[AND07], [COR05], [GRY08], [KUN07]	4
Correlational study	[JOH05], [KIM03]	2
Observational study	[CAS06]	1
Classifier validation	[CON09]	1

employing a revised and enhanced procedure. Also, [CAS06] adds value to results by using a post-hoc analysis.⁵

Of all reviewed studies, only [BRO12] would fall into the evaluation, as opposed to the research category. It is based on a concrete commercial device (iPod Touch), rather than *ad hoc* newly developed technology (e.g., the HTML extension developed by [GER09]), whose features largely drive the course of the study. Following a similar reasoning [BRO12] could be called a performance study [26].

3.3 (RQ3) What types of quantitative empirical studies are performed in HCI?

A categorization of primary studies according to the main empirical approach employed is given in Table 5.

A first level of classification splits primary studies into experiments or non-experiments depending on whether or not they aim to introduce intervention (i.e., have independent variables), respectively. Additionally, experiments are traditionally divided into true experiments or quasi-experiments depending on whether or not the assignment of subjects or participants to factor conditions is randomized. This categorization is well-documented in the literature, with different names (randomized controlled trial/quasi-randomized trial [22] and quantitative experiment/quasi-experiment [26]). Three factors that cannot be randomized have been identified: expertise [AND07] [COR05], impairment [GRY08] and learning style [KUN07].

The simplest non-experimental study measures a quantitative dimension from a population sample without pre-

⁵Notwithstanding, [CAS06] proposes an experimental design to replace the post-hoc analysis for future work.

vious intervention. Such a study does not necessarily lack hypothesis formulation or statistical analysis, as intervention (treatments assignment) is meant to isolate cause over effects, but is not required to statistically infer knowledge about a population. In this paper, this type of study is referred to as observational, as in [CAS06]. However, authors' comments on their own papers have not always been taken into consideration. For instance, [KIM03] claims:

(p. 901) “In the second study, we conducted a *controlled experiment* to identify key design factors [...]”

whereas, in actual fact, not only was not a controlled experiment the second study, but it also failed to qualify even as a quantitative study, as it is generally regarded in the literature [BOL09] [DEC11].

Correlational studies search for linear dependencies between random variables without introducing intervention. Although [KIM03] and [JOH05] both belong to this category, their goals are different. [KIM03] performs regression analysis on one or more output variables, but does not look for any relation among the regressed variables. Contrarily, [JOH05] addresses a joint regression in which some of the considered variables count as inputs and outputs at the same time.

Correlational studies provide a predictive model and so [CON09] does, albeit taking a different approach. In regression, only ratio data are used and importance is attached to the statistical significance of relations between variables, whereas, in classification, nominal data are also used and quality of the model is empirically assessed in terms of prediction *accuracy* (see p. 298 of [CON09], last paragraph).

3.4 (RQ4) What are the main characteristics of participants in HCI empirical studies?

Table 6 summarizes sampling data collected from participants in reviewed studies. Question marks (?) in cells denote unknown information. Age fields considered in columns are comprehensive, meaning no single study addresses an age descriptive statistic not shown in this table. Some studies present additional facts which are not taken into account because they are too specific to a topic or area. For instance, both physical interaction studies, [BRO12] and [FAR12], report the number of right- and left-handed participants.

Looking at Table 6 we find that there is a notably large amount of unknown cells. A possible reason for generalized loose reporting is the apparent absence of empirical guidelines in the area of HCI. In fact, of all reviewed papers, only [DEC11] follows a series of guidelines for this purpose and, more surprisingly, these were conceived for SE, not HCI.

Of course, there are several cases where not all data need to be explicitly presented or, at least, missing data are not so harmful. For instance, participants in [CON09] are sixth or seventh grade students so ages are both lower and upper bounded. There are also cases where it is not recommended to extract certain information from the sample on ethical grounds. This is the case of [GRY08], where IQ measurements were not taken from non-autistic participants.

Apart from the aforementioned information gaps, some papers fail to accurately report information. For instance, [COR05] claims:

(p. 664) “The sample was balanced with re-

spect to [...] gender, education, age and profession”,

but it is uncertain what balanced actually means in this context.

Another worrying aspect of Table 6 refers to sample background, as most papers rely on young participants in higher education who are not sufficiently representative of the heterogeneous population interacting with computers. This could be because the overwhelming majority of authors are academics (working at universities and research institutes), who take advantage of their access to students for research purposes. In fact, only [AND07] and [HAR95] report a combined effort by academia and industry.

3.5 (RQ5) How are empirical studies designed in HCI?

Table 7 summarizes the most relevant design dimension data collected from experimental primary studies.

A general lean toward optimal design has been observed throughout the reviewed papers. This tendency is perceived in variable complexity, especially in the rather large number of factors considered. An increase in the number of factors generally introduces threats to validity, so special care must be taken. Interestingly, the experiments considering more factors (up to three factors [HAR95] [FAR12]) employ a within-subjects design. This type of treatment assignment uses the same participants for all factor levels, which introduces the so-called “learning effect” [23]. However, not all primary studies take correct measures to prevent this effect. While [DEC11] cancels out learning effects, [FAR12] does not mention counterbalancing at all, and, even though “training effects” are addressed in [GER09] (p. 604), an explicit reference to treatment order randomization is missing. Interestingly, [KUN07] recognizes that “test scores revealed the presence of order/practice effect” and consequently addresses this problem “by counterbalancing the order of presenting the three sections in the lesson and counterbalancing and randomizing the test items”, and finally concludes that

(p. 1460) “In both field and final test, the student’s academic and work schedules dictated the random assignment”,

but this “schedule randomization” is not valid unless item and lesson order was indeed randomized, which is not stated in the text. Because participants schedules are likely to be correlated (they are reported to study in the same university and even at the same school), the experiment may contain undesired correlations.

Another point worth mentioning is the existence of just one primary study using block design [BOL09]. It should be noted that [BOL09] is also the only study with no parameters, which strongly suggests that other studies could benefit from blocking the effects of some of the variables now treated as parameters.

3.6 (RQ6) What statistical tools are used in HCI quantitative empirical research?

Table 8 shows the statistical tools employed by reviewed studies. Mean difference tests are mainly used by experimental studies, where treatment and control group means are contrasted to assess causality. Asterisks (*) denote non-parametric mean difference tests, i.e., which make no assumption regarding the underlying population. Parametric

Table 6: Sampling data

Primary Study	No. Subjects		Age				Background	Inclusion & Exclusion Criteria
	Female	Total	Min.	Max.	μ	σ		
[AND07]	10	24	19	30	25.13	3	University students	For AE condition, usability evaluation training was required
[BOL09]	?	120	?	?	?	?	Potential users of a certain website	No previous use of web sites used in the study
[BRO12]	13	36	19	43	26	4.36	University students Graduates	?
[CAS06]	?	29	?	?	?	?	Mostly, undergraduates not taking computer courses	Ideally, undergraduates taking computer courses
[CON09]	?	66	?	?	?	?	6 th grade students 7 th grade students	Disturbing and disturbed students' data were discarded
[COR05]	?	46	23	58	33.3	?	Balanced education Balanced profession	Half experts, half non-experts in solver implementation
[DEC11] (1 replication)	?	84/16	?	?	?	?	M.Sc. students / Ph.D. students	"sufficiently competent to perform the level of experimental tasks required"
[FAN07] (1 replication)	?	134/ 99	?	?	?	?	Undergraduate business students with homogeneous POM training	12-week instruction on a POM course
[FAR12]	10	20	11	40	29	?	?	?
[GER09]	?	89	18	21	19	?	University students	?
[GRY08] (clinical/control)	?/2	10/10	?	?	12.83/ 9.58	?	Normal IQ for age / Non-autistic children took no IQ test	High functioning autistic teenagers / typically developing children
[HAR95]	?	14	?	?	?	?	University students	Not colour-blind Not acquainted with icons
[JOH05]	156	313	?	?	19.4	2.1	University students 47% employed Computer-acquainted	Database skills required
[KIM03]	?	515	?	?	?	?	"were in their twenties" "gender was balanced" Undergraduates	?
[KOM11]	3	20	19	24	?	?	University students Not familiar with robots	No hearing problems
[KUN07]	39	53	?	?	?	?	Graduate students	?

Table 7: Experimental design

Primary Study	Experimental Units	Factors (levels)	Parameters (values)	Response Variables	Design (comments)
[AND07]	Software system	Remote testing method (LAB, RS, AE, AU)	System type (email client Mozilla Thunderbird 1.5)	Task completion Task completion time Number of usability problems identified	Between-group
[BOL09]	Information-intensive and brand-intensive web sites	Usability (original, modified)	x	Brand value perception	Between-group (brand domain as blocking variable)
[BRO12]	Mobile device video game	User interface type (accelerometer, simulated button, touch gesture)	Level difficulty Video game genre (scroll-shooter) Device (iPod Touch)	Game performance Interface preference	Within-subjects
[COR05]	Problem-solving tasks	Expertise level (expert, non-expert) Task difficulty (easy, difficult)	Problem area (planning and scheduling)	Solving strategy chosen Access to explanation frequency	Between-group (expertise) Within-subjects (task difficulty)
[DEC11]	Web Information System (WIS)	Navigation model (control/proposal)	Type of WIS (conference manager)	Perceived ease of use Effectiveness Efficiency	Within-subjects
[FAN07]	Web site for knowledge acquisition	Navigation structure (pure usage, subject-oriented, mixed) Task complexity (simple, complex)	Field for knowledge acquisition (production and operations management)	Task accuracy Navigation time Usability experienced	Between-group Factorial
[FAR12]	User interface	Task difficulty (simple, complex) Input device (mouse, gesture) Output device (big screen, small screen)	Interface metaphor (desktop)	Completion time Naturalness Fatigue	Within-subjects Factorial
[GER09]	Commercial web site	Content presentation (original, tailored)	Hypertext content (sony laptops)	Task accuracy Task completion time User satisfaction	Within-subjects
[GRY08]	Gamified learning software	Autism (yes, no) Type of interface (simple, multimedia)	Autism disorder targeted (pragmatics)	Completed scenarios count Game score Scenario completion time	Between-group (autism) Within-subjects (type of interface)
[HAR95]	Desktop scenario (foreground-background combination)	Icon type (solid, line, text) Transparency level (0%, 50%, 75%, 90%) Background type (text page, wire frame, solid image)	Number of icons in the foreground (12)	Legibility error rate Response time	Within-subjects Factorial
[KOM11]	Sound-equipped agent	Agent's appearance (PC, dog-like, machine-like) Auditory attitude (positive, negative)	Nature of auditory attitude (bipolar) Nature of sound (synthetic) Sound intensity (60 dB)	Correct attitude interpretation rate	Within-subjects
[KUN07]	Instructional program lesson	Icon type (pictorial, abstract, drawing) Learning style (abstract, concrete)	Lesson topic (digital video camcorder)	Quiz score	Within-subjects Factorial

Table 8: Main statistical tools

Use	Tool	Primary Studies	
	Mixed ANOVA	[COR05]	
	Multivariate ANOVA	[FAN07]	
	One-way ANOVA	[AND07], [COR05]	
	Repeated measures ANOVA	[COR05], [FAR12], [GRY08], [HAR95], [KUN07]	
	Mean difference test	Paired t-test	[BOL09], [CON09], [FAR12], [GER09], [KUN07]
		One-sample t-test	[CON09]
		Cochran's Q*	[KOM11]
		Friedman test*	[KOM11]
		Mann-Whitney-Wilcoxon*	[DEC11], [GRY08]
		Wilcoxon signed rank test*	[DEC11], [GER09]
	Z-test	[GRY08]	
Correlation effect size estimation	Pearson's r	[KIM03], [KUN07]	
	Spearman's ρ	[GRY08]	
	Kendall's τ	[KUN07]	
Sphericity test	Greenhouse-Geisser test		
	Mauchly's test	[KUN07]	
Post-hoc analysis	Huyn-Feldt		
	Student-Newman-Keuls test	[HAR95]	
Normality test	Tukey's range test	[AND07]	
	Kolmogorov-Smirnov test	[DEC11], [JOH05]	
Internal consistency estimation	Shapiro-Wilk test	[GRY08]	
	Cronbach's α	[DEC11], [FAN07], [KIM03], [KUN07]	
Regression analysis	Partial Least Squares	[JOH05]	
	Stepwise regression	[KIM03]	
Uniformity test	χ^2 test	[CAS06], [GRY08]	
Independence test	Fisher's exact test	[AND07], [CON09]	
Classifier validation	N-fold cross-validation	[CON09]	
	Clustering	Ward's clustering	[KIM03]
Mean difference effect size estimation	Cohen's d	[CON09]	

tests, like ANOVA and t-tests, rely on further hypothesis for their results to be safely credited, but are generally preferred because of their greater statistical power [12].

Since parametric tests behave robustly to non-“extreme assumption violations”, researchers are encouraged to use them [12]. However, very few authors report having checked whether violations really were moderate [GRY08] [KUN07]. Interestingly, [DEC11], [GER09], [JOH05] failed to meet normality assumptions, whereas [KUN07] only provided graphical justification (see pp. 1468-1469). Assumptions other than normality, like the repeated measures ANOVA sphericity assumption [KUN07], are rarely addressed.

All primary studies achieve high statistical significance, generally reporting p -values under 0.05. However, this is not sufficient to assess whether findings are of *practical* significance, which should be reported through *effect size* estimations explicitly discussed in relation to the specific area of study [19]. All studies conducting any form of correlation analysis report effect sizes by means of Pearson's r , Spearman's ρ or Kendall's τ , the latter two being rank-based and, hence, non-parametric. With the exception of correlation analysis and [CON09], which uses Cohen's d and Cohen's effect size criteria, no study addresses practical significance.

4. CONCLUSIONS

Despite HCI being well-positioned in today's information society and the empirical process increasingly taking root in neighbouring domains, the HCI community has few surveys about this research methodology, and none presents an overall state of the art.

This review addresses general questions about quantita-

tive empirical HCI research. A SMS was successfully conducted and a sufficient number of quality primary studies were retrieved. We first examined HCI branches in the context of empirical research, providing a taxonomy of topics that included usability, interaction and human factors as top-level categories. Then we explored the main resulting findings in empirical HCI and identified a number of different quantitative empirical approaches, including experimental and correlational studies. Next, we analysed empirical procedures and pointed out some common flaws encountered: poor data and procedures recording, unrealistic sampling, absence of blocking variables and disregard for test assumption verification.

Future work may take a closer look at some specific topics or empirical flaws encountered. Additionally, it might be interesting to estimate the saturation point where results would not significantly differ if new primary studies were considered.

Some traits of this review could question its correctness and generalizability:

- **Internal validity:** Our own leanings and likes are non-negligible, though efforts were made to avoid them. Another source of bias is inclusion and exclusion criteria and search string arbitrariness. Again, experts assessed both steps, so arbitrariness is, at least, justified.
- **External validity:** Generalizability for purposes other than providing an overview of the field is limited because of the small number of primary studies reviewed ($N = 16$) and the limited scope of the investigation (journal or conference papers written in English).

Empirical approaches are and are perceived to be capital for extending the body of knowledge in HCI. The empirical process covers almost all of the most recognizable HCI branches, *accessibility* being a notable absence. Furthermore, researchers are acquainted with a variety of quantitative tools and techniques, which denotes that they are highly concerned with their own empirical instruction. However, they are not generally fully aware of some of the technical details involved. This is understandable given that the empirical process in HCI is work in progress, without published guidelines.

Overall, HCI offers good empirical opportunities. Even though from the empirical standpoint it is still a relatively unexplored and immature area, the groundwork has definitely been laid.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The work reported in this paper has been supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation projects TIN2011-24139 and TIN2011-23216 and also by *Universidad Autónoma de Madrid* through the postgraduate fellowship *Beca de inicio de estudios de posgrado*.

6. REFERENCES

- [1] M. S. Andreasen, H. V. Nielsen, S. O. Schrøder, and J. Stage. What happened to remote usability testing? An Empirical Study of Three Methods. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in*

- computing systems - CHI '07, page 1405, New York, New York, USA, Apr. 2007. ACM Press.
- [2] D. Bolchini, F. Garzotto, and F. Sorce. Does Branding Need Web Usability? A Value-Oriented Empirical Study. In *Proceedings of the 12th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction*, pages 652–665. Springer-Verlag Berlin, 2009.
 - [3] K. Browne and C. Anand. An empirical evaluation of user interfaces for a mobile video game. *Entertainment Computing*, 3(1):1–10, Jan. 2012.
 - [4] D. Budgen, M. Turner, P. Brereton, and B. Kitchenham. Using Mapping Studies in Software Engineering. In *Proceedings of the 20th Annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group (PPIG'08)*, volume 2, pages 195–204, Lancaster University, UK, 2008.
 - [5] A. G. Cass, C. S. T. Fernandes, and A. Polidore. An empirical evaluation of undo mechanisms. In *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction changing roles - NordiCHI '06*, pages 19–27, New York, New York, USA, Oct. 2006. ACM Press.
 - [6] J. W. Castro and S. T. Acuña. Differences between Traditional and Open Source Development Activities. In *Proceedings of the 13th International Conference on Product-Focused Software Process Improvement*, pages 131–144, 2012.
 - [7] C. Conati and H. Maclaren. Empirically building and evaluating a probabilistic model of user affect. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 19(3):267–303, Jan. 2009.
 - [8] G. Cortellessa, V. Giuliani, M. Scopelliti, and A. Cesta. Key Issues in Interactive Problem Solving: An Empirical Investigation on Users Attitude. In M. F. Costabile and F. Paternò, editors, *Proceedings of the 10th IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction*, volume 3585 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 657–670, Berlin, Heidelberg, Sept. 2005. Springer Berlin Heidelberg.
 - [9] V. de Castro, M. Genero, E. Marcos, and M. Piattni. Empirical study to assess whether the use of routes facilitates the navigability of web information systems. *IET Software*, 5(6):528–542, 2011.
 - [10] D. M. Dehn and S. Van Mulken. The impact of animated interface agents: a review of empirical research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(1):1–22, Jan. 2000.
 - [11] O. Dieste, N. Juristo, and M. D. Martínez. Software industry experiments: A systematic literature review. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Conducting Empirical Studies in Industry (CESI 2013)*, pages 2–8, 2013.
 - [12] T. Dybå, V. B. Kampenes, and D. I. Sjøberg. A systematic review of statistical power in software engineering experiments. *Information and Software Technology*, 48(8):745–755, Aug. 2006.
 - [13] X. Fang and C. W. Holsapple. An empirical study of web site navigation structures' impacts on web site usability. *Decision Support Systems*, 43(2):476–491, Mar. 2007.
 - [14] F. Farhadi-Niaki, R. GhasemAghaei, and A. Arya. Empirical study of a vision-based depth-sensitive human-computer interaction system. In *Proceedings of the 10th asia pacific conference on Computer human interaction - APCHI '12*, pages 101–108, New York, New York, USA, Aug. 2012. ACM Press.
 - [15] P. Germanakos, N. Tsianos, Z. Lekkas, C. Mourlas, M. Belk, and G. Samaras. Proposing Web Design Enhancements Based on Specific Cognitive Factors: An Empirical Evaluation. In *2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, pages 602–605. IEEE, Sept. 2009.
 - [16] O. Grynszpan, J.-C. Martin, and J. Nadel. Multimedia interfaces for users with high functioning autism: An empirical investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(8):628–639, Aug. 2008.
 - [17] B. L. Harrison, G. Kurtenbach, and K. J. Vicente. An experimental evaluation of transparent user interface tools and information content. In *Proceedings of the 8th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 81–90, 1995.
 - [18] R. D. Johnson. An empirical investigation of sources of application-specific computer-self-efficacy and mediators of the efficacy-performance relationship. *International Journal of Human-Computer Studies*, 62(6):737–758, June 2005.
 - [19] V. B. Kampenes, T. Dybå, J. E. Hannay, and D. I. Sjøberg. A systematic review of effect size in software engineering experiments. *Information and Software Technology*, 49(11-12):1073–1086, Nov. 2007.
 - [20] D. J. Kim and C. K. Coursaris. A Meta-Analytical Review of Empirical Mobile Usability Studies. *Journal of Usability Studies*, 6(3):117–171, 2011.
 - [21] J. Kim, J. Lee, and D. Choi. Designing emotionally evocative homepages: an empirical study of the quantitative relations between design factors and emotional dimensions. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6):899–940, Dec. 2003.
 - [22] B. Kitchenham. Procedures for Performing Systematic Reviews. Technical report, Keele University Technical Report TR/SE-0401 and NICTA Technical Report 0400011T.1, 2004.
 - [23] B. A. Kitchenham, S. L. Pflieger, L. M. Pickard, P. W. Jones, D. C. Hoaglin, K. E. Emam, and J. Rosenberg. Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(8):721–734, 2002.
 - [24] T. Komatsu and S. Yamada. How Does the Agents' Appearance Affect Users' Interpretation of the Agents' Attitudes: Experimental Investigation on Expressing the Same Artificial Sounds From Agents With Different Appearances. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 27(3):260–279, Feb. 2011.
 - [25] M. L. A. Kunnath, R. A. Cornell, M. K. Kysilka, and L. Witta. An experimental research study on the effect of pictorial icons on a user-learner's performance. *Computers in Human Behavior*, 23(3):1454–1480, May 2007.
 - [26] V. Tschertter, P. Ravasio, and S. Guttormsen-schär. The Qualitative Experiment in HCI: Definition, Occurrences, Value and Use. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, V:1–24, 1986.

HCI Incorporation: a case for Colombia

William J. Giraldo¹, Mónica Lorena Tobón¹, Fáber D. Giraldo¹, María L. Villegas¹,
Alexandra Guerrero¹, Mónica Yulieth Cortés¹, Alexandra Ruiz¹, César A. Collazos².

¹ SINFOCI Research Group
University of Quindío
Armenia, Colombia

{wjgiraldo, mltobon, fdgiraldo, mlvillegas, aguerrero, mycortes, aruiz}@uniquindio.edu.co

² IDIS Research Group
University of Cauca
Popayán, Colombia

ccollazo@unicauca.edu.co

ABSTRACT

This paper shows a practical case of HCI incorporation in Colombian software development companies, mainly in the Colombian coffee region. This case is supported by a self-sustaining ecosystem model that emerges from the academy approach to software development companies. This ecosystem model is a response for the need to translate scientific knowledge into practical actions that can be performed by development engineers. This ecosystem should give coverage to all the necessary elements to generate real services of HCI incorporation, regardless of the nature of projects that software development companies are doing. We have been concretizing, one by one, all the necessary components of this ecosystem which have been registered into a log full of events that take place in various capacities which a self-sustaining business model must deal with.

Categories and Subject Descriptors

Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → HCI design and evaluation methods → Field studies.

Human-centered computing → Interaction design → Interaction design process and methods → User centered design

Human-centered computing → Interaction design → Interaction design process and methods → Activity centered design

Keywords

HCI incorporating model in real software projects, ecosystem, usability, real software projects.

1. INTRODUCTION

The principles that govern AIPO are the *promotion* and *dissemination* of Human-Computer-Interaction¹. These principles must deal with the traditional barriers in software development companies (cultural, budgetary, undervaluation and understatement, by the development team), where other quality attributes such as functionality, performance, security and integrity are prioritized. The Human-Computer Interaction (HCI) adoption in the context of software development requires a

systemic approach to align the HCI principles with the goals of software development companies, making possible: *i*) to incorporate related practices to the interaction, usability, accessibility and the like, within the common activities for software construction; *ii*) to convince the people involved in software development on the importance of considering the HCI as a factor of strategic value for their software solutions. Incorporating HCI into real projects of software development should transcend beyond the artifacts traditionally used in the software development processes, such as the specification of *use cases* and *user histories*, despite that these artifacts are made under the guidelines focused on the user needs and expectations. These artifacts reduce the usability to functional features, with an interaction subjected posteriorly to the technical guidelines of presentation.

The research on usability focuses on the generation of theoretical proposals that govern the principles, techniques, methods, artifacts, among others, to make designs of interactive systems more usable. However, the development companies are not aware of this, mainly because they cannot recognize the importance of the usability as a ROI mechanism. Today, selling a usability service to software development companies could not be a more complex task for those who have this labor as a core of their business.

"It is not usually known what is for sale and what is for buying when we talk about usability (or HCI incorporation)".

The most popular usability services are *heuristics*, *heat maps*, *inspection methods* (in case that these services are offered). In any case, all these services tangentially touch the productive processes of software development because they focus only on the final product. If the usability for development companies (or companies that base their productivity on interactive systems) consist of applying heuristics and heat maps, it can be possible to lose the essence of the research area because it does not reach the core of the real problem. This does not mean that usability researchers have not done an important work; on the contrary, we can evidence how everyone talks about usability today: politicians, entrepreneurs, students and even the people that try to sell a false (or incomplete) idea about usability. Thus, there are several companies offering usability services but when one of these companies does a bad job, the usability business is affected not only for that company, but for all other companies, and the clients begin to believe that usability is a fraud

¹ What is AIPO? (In Spanish). Available in <http://aiipo.es/?q=node/1>

In this sense, this proposal introduces a new research line called **HCI Incorporation**. This incorporation must be applied in the real world of software development where companies use all kind of techniques, processes and artifacts that are far from the ideal regarding the capture and processing of the necessary and useful information to make a good design for an interactive system, and that it is not only the final product testing. This research line asks **how to propose custom methods that companies can use to incorporate HCI processes regardless of what process they follow or in which phase they want to apply the incorporation**. These methods must be formulated from the theoretical knowledge formed in current research projects around HCI, but passing by strong concretion processes so that this knowledge can be understood by inexperienced engineers in HCI, especially development engineers.

In this article we present a summary of the history of the incorporation of HCI in Colombia (the coffee axis region), developed by the SINFOCI² and IDIS³ research groups. During the last 9 years we have been jointly working with foreign and national experts to create the current vision in this field. We have received support from various universities as the University of Lleida, University Castilla-la Mancha, University of Granada, Technical University of Valencia, among others.

As discussed above, the main goal of this work is to propose a research area in HCI incorporation in real software projects, by establishing an ecosystem model designed to improve the quality level of usability of software products. This ecosystem model has been applied in development companies and software projects located in the coffee axis region of Colombia. Section II presents the preliminary context (a set of previous works) that allowed the formulation of the proposed incorporation of HCI in development companies. Section III presents the state of the art and related work. Section IV presents the ecosystem model for the incorporation of HCI. Section V presents the preliminary results obtained, and finally, conclusions and future work are exposed.

2. CONTEXT AND MOTIVATION

As part of its research program, the SINFOCI research group of the University of Quindío⁴ has been promoting the adoption of HCI in software development projects in the region of Quindío, the coffee axis region and Colombia, since 2005. The first developed activity was the *First Researchers Meeting of Southwestern Colombia*, where the HCI was nominated as one of the priority research topics for joint efforts. In 2006, taking advantage of the *III National Congress on Research, Usability, Robotics and Virtual Reality* in the University of Quindío, for the first time in the coffee region we had the presence of representatives from the AIPO Spain, to whom we made cooperation strategies such as academic support and mobility of researchers to the usability labs like the ones from the GRIHO⁵ group in Cataluña (Spain). In 2007, a proposal for incorporating usability in the curricular structure of Colombia [1] was formulated collaboratively with the participation of leaders of the AIPO. This proposal was initially incorporated in the curricula of Computer and Systems Engineering (related to Computer

Science) for its strong relationship to software engineering. Also, in the same year, the curricular area of HCI and usability is formulated within the Systems Engineering and Computer Science department at University of Quindío, initially supporting electives courses proposed by the SINFOCI research group, such as *Usability evaluation, Designing Graphic Interfaces, Computer graphic* and *Design of Interactive Systems*.

For 2008, COLCIENCIAS (National administrative Department of Science, Technology and Innovation in Colombia), through the 452 call, supported the research project called *Implementation of a Framework for the Evaluation of Usability of Software Applications supported in creating a Co-laboratory of Usability*, implemented jointly by the SINFOCI group from University of Quindío, the IDIS group from the University of Cauca, and the GRIHO group from the University of Lleida (Spain). The implementation of this project enabled the creation of a usability collaborative (collaborative laboratory) with resources distributed into spaces located in the various research groups involved and connected by the RENATA⁶ academic network. With this lab, it was possible the realization of remote testing from any of these sites. Additionally, a framework for collaborative evaluation of the usability of software applications was developed. Specification and integration of roles, resources, devices, manuals and software tools that will support the administration and execution of procedures, assessments and flow process conducted in the usability collaborative laboratory were also defined. The execution of this research project allowed the Faculty of Engineering of the University of Quindío to allocate a physical space of 50 square meters, to install a Usability Lab with observation rooms and expert meeting rooms.

In 2009, the 10th version of the INTERACTION congress was performed for the first time jointly between two locations: the University Pompeu Fabra (Spain) and the University of Quindío (Colombia). This action was a recognition from AIPO to the efforts of the Latin American researchers in HCI and Usability. The congress was attended by important international researchers, some with direct participation in the HCI ACM chapter. After this, thanks to COLCIENCIAS' support, the incorporation of professionals under the *Young Researchers Program* was started. They contribute to the consolidation of the administrative model for the Usability Laboratory at the University of Quindío, and the application of HCI in real software projects. In parallel with the support of HCI and usability courses at the undergraduate / postgraduate level, we continued with the strengthening of HCI research community through the *Second International Conference on Software Engineering (2012)*, and *VIII Colombian Congress of Computing – 8CCC (2013)*. In the 8CCC conference, an official chapter of HCI and usability within the Colombian Society of Computing was constituted.

Taking advantage of the initiative of the training, entrepreneurship and knowledge centers called ViveLab from the Ministry of Information Technologies and Communications (ICT) of Colombia⁷, the ViveLab Quindío project began in November 2013, where a usability lab equipped with best infrastructure in Colombia and South America was established. The laboratory

² <http://sinfoci.net/>

³ <http://www.unicauca.edu.co/idis/>

⁴ www.uniquindio.edu.co

⁵ <http://griho.udl.cat/>

⁶ <http://www.renata.edu.co/>

⁷ More information (in Spanish) about the ViveLab initiative are available in <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-5148.html>

consists of the last generation of eyetrackers, software and other equipment, to perform and promote usability, neuromarketing and person-technology test among the Technology of Information and Communication community in Quindío and the Colombian coffee axis region. The SINFOCI research group supported the formulation of the *Vivelab* Quindío project, and currently provides the scientific capital and coordinates the use of the laboratory within the ViveLab Quindío. The main users of this type of laboratories in Colombia are all the people with skills in software development, applications, and digital content.

The incorporation process of the HCI in the curriculum of Systems and Computer Science Engineering department at University of Quindío has formed gradually through the incremental impact on the mission axis of the institution; thus, in teaching, researching and extension. At the teaching level, we have planned and taught courses in the field of HCI during 5 years. Teachers of these courses have trained in masters and doctoral levels in this subject area. At the research level we have implemented research projects, seedbed research projects, final undergraduate projects, master's degree projects, doctoral thesis and projects of young researchers, some of them in collaboration with companies. At the extension level, we have arranged conferences, consulting services to companies in software and training courses. It is important to highlight the participation of students during this process who, as graduates, set forth their professional position in areas related to HCI in leading companies in the software industry. Currently, the HCI area has become one of the central themes of research and work within the Systems and Computer Science Engineering department at University of Quindío.

3. STATE OF THE ART

In the traditional HCI literature, there are no similar frameworks for coordination between the state-corporate-academic sectors to promote HCI incorporation models in real software projects. There are particular jobs where specific methods that attempt to apply HCI practices on specific activities of the development process are proposed. In [4] a change in the HCI technique known as *People* (previously formulated in [5]) is formulated to facilitate its incorporation into a requirements elicitation process. In [6] the authors propose the *Intermod* methodology, which combines agile principles, user-centered design and model-driven development to manage software projects according to the user objectives; however, this work does not relate a case of application of this methodology. In [7] the results of a study on the incorporation of usability and user experience in software companies are reported providing some suggestions about how to manage those aspects involved in software solutions under implementation (not as a real incorporation as we describe later). In [8] two metrics are formulated to measure the effectiveness of the HCI incorporation in software development processes: *Usability Goals Achievement Metric (UGAM)*, a product-oriented metrics, and *Index of Integration (IOI)* which measures an integration capability. This work focuses on the evaluation of the integration mentioned above in function of the proposed metrics. Finally, in [9] a methodology based on the integration of use cases and task models is formulated. None of these works refer to the formulation of an explicit model of HCI incorporation in real software projects. These works do not consider a collaborative environment based on an established usability laboratory as it is reported in this paper. A close related work is found in [10] where

authors affirm that the participation of government is critical to reinforce the HCI incorporation in workplaces by public policies.

4. THE HCI INCORPORATION MODEL INTO REAL SOFTWARE PROJECTS

Most proposals are framed in the context of software engineering, mainly in the development of interactive systems and specifically in the Human Computer Interaction. These proposals work on a theoretical and conceptual level. Therefore, it is necessary to bring these proposals to a concrete or practical level to be understood by software engineers and companies engaged in software development that are working at a more concrete level through software artifacts provided by more commercial development methodologies such as templates, reports, and general specifications of a system for informal or formal levels.

The ecosystem model for the incorporation of HCI is seen as a region proposal effort to define an identity that allows the coffee region to be recognized not only by coffee and tourism but also that companies in Quindío generate products, processes or services with high standards in design, and because the perceived quality by users is of high acceptance. This idea of ecosystem is a response to the national plans from the ICT Ministry currently in execution, as the *Vivelabs*. The *Vivelab* is a place where any citizen can make their entrepreneurship from the use of its infrastructure and equipment. The *Vivelab* Quindío is the only lab in Colombia that was conceived as a specialized laboratory and not just a room with computers.

The ecosystem is designed to include the Usability Lab, software development companies and technology centers and / or facilities supplied by the Colombian government in order to promote the usability of products. In this context, the physical infrastructure that supports the ecosystem is the *ViveLab Quindío* project; being the Usability Lab as the promoter of this initiative.

This section presents the envisioning process of the ecosystem model for the building and strengthening of processes, products and services for improving the quality attribute of usability and the design of interactive systems that enable companies' growth in the region of Quindío involving research and innovation. The steps involved in the design process of the ecosystem model are detailed as follows.

4.1 Initial interaction with software development companies

In order to improve the relationship between academia and the business sector, a series of activities were carried to disseminate the incorporation of HCI in the real projects of software development companies from the usability laboratory. Among the activities done are included: workshops with entrepreneurs, technical workshops, and trainings. The purpose of these activities is to generate interest in the area of HCI and usability, as well as creating the need for inclusion of this area in its products, processes and software development services.

During the first contacts between researchers and entrepreneurs in software, it was identified a general motivation to design products with the highest quality software and customer acceptance; also, reducing the noticeable curve inherent in learning software products, and the highly required support. However, some limitations and concerns of software entrepreneurs were detected. These concerns are related with:

- The socialization of the ROI of usability in terms of how usability helps them to improve the quality of their products from the viewpoint of end users, and how the usability improvements represent a potential benefit for the development companies and their clients.
- The investment in quality strategies at the usability level considering previous investments in quality strategies related with quality model certifications, adoption of development methodologies, and test-taking.
- The undercutting of usability limiting it to inclusions during the validation process of the product, excluding the integration of artifacts in the development process of software companies to generate software products with usability.
- The alignment of usability strategies with public policies to expedite procedures with the Colombian state, as the *Government Online* standard [3], specifically phases 2, 3 and 4 of this standard.

4.2 Elaboration process for our proposal

In order to create a value proposal, a strategic plan is generated for the inclusion of business around the need to incorporate HCI in real software development projects. This strategic plan has included:

- An approach to the business sector through workshops, trainings and meetings to identify current issues related to the quality of software products and the acceptance of users towards these products.
- Generation of a value proposal aligned with the strategic vision of the Quindío department and the Colombian national software vision (VES⁸) using the physical resources.
- Application to national convocations for the envisioning of projects that allow to shape and strengthen the productive sector (Innpulsa⁹).
- Generation of an initial portfolio of services to be offered from the Usability Laboratory at the University of Quindío.

4.3 Problem analysis

A problem can be understood as a situation or set of unwanted situations that occur in a given time, and that hinder to achieve an ideal state or a positive condition from the perspective of a social group or a specific environment. Several problems of different types being technical, social, cultural, economic, technological, environmental, legal, among others, can be identified. Therefore, for the identification and definition of a problem, anyone of those elements can be reviewed. The problem analysis for generating an ecosystem of incorporation HCI into real projects starts from the need of the companies and the Usability lab to understand the causes and effects of quality problems encountered in software products. The compilation of the problems encountered during interaction with real software projects is presented in Table 1.

Component	Problematic aspects
Technical	<ul style="list-style-type: none"> • A high percentage of techniques used for the development of interactive system in Colombia do not incorporate usability. • Techniques to get a budget and calculate a return on the investment resulting from the incorporation of usability in the development of interactive systems are not evident. • The software attributes are not considered in the metrology standards, specifically the usability attribute.
Legal	<ul style="list-style-type: none"> • The software quality policies are not defined. • The software attributes are not considered in metrology standards, specifically the usability attribute.
Human	<ul style="list-style-type: none"> • There are not qualified workers to create new products and usability services. • There are not qualified workers for the introduction of new technologies in the processes and products about usability. • A high percentage of workers in this sector do not know the envisioning and structuration of projects processes that allow the generation of new products and usability services, so that services can interact with the productive environment. • Low human resources with skills in assistant processes in the sector. • Scarce human resources with training for commercialization processes in the sector. • The work team in the software companies sector does not understand the importance of usability. • Absence of expert staff to budget and calculate the ROI in software projects derived from the usability incorporation.
Economic	<ul style="list-style-type: none"> • Low salaries for the payment of qualified professionals. • The usability cost is not contemplated in the budget of the projects. • The cost of doing the development and evaluation of usability in Colombia and neighboring countries is high by the lack of supply of services in this region. • The implementation of usability evaluation services has high costs (expensive imported equipment and licenses).
Technological	<ul style="list-style-type: none"> • Few training programs specialized in usability. • The existing methodologies and techniques are not disseminated.
Commercial	<ul style="list-style-type: none"> • The offering of testing services and development of usability are not well developed (quantity and clarity) in the region, so is not clear what is being acquired, what is the cost and which is the range of the service; in other words, it is not clear what is being offered. • In contract specifications and / or convocations of development of interactive systems, the compliance with the usability attribute is not required.
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Most designs of interactive systems do not consider the needs of people that experiment partial or permanent disability.

Table 1. Problem analysis formulated for the ecosystem.

4.4 Domain of the proposal

The proposal is formulated from the visualization of usability as an attribute of interactive systems that are directly linked with the user and is used to determine the experience that they may have to make use of these systems. Its complexity in its assessment and development is inherited in the same complexity of the human being (human factor). Therefore, this attribute not only has its context in tests but also in the development.

4.5 The HCI ecosystem incorporation model in the coffee axis region

The ecosystem approach to the incorporation of HCI in companies comes from work done by the SINFOCI research group in the research and dissemination of the HCI area.

⁸ Strategic software vision for Colombia (in Spanish). Available in <http://www.fiti.gov.co/Images/Recursos/resumenejecutivos-ves-130827.pdf>.

⁹ INNPULSA: National institute for the support and promotion of the extraordinary business growing. More information in <http://www.innpulsa.com/>

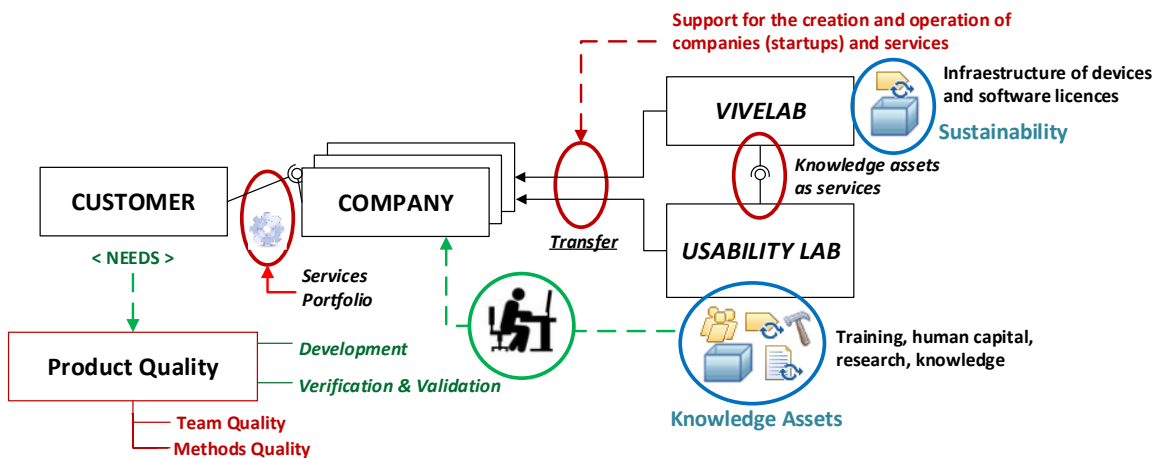


Figure 1. General vision of the HCI incorporation in real software projects

Currently, the department of Quindío has the *Vivelab* infrastructure and the knowledge assets of the Usability Laboratory at the University of Quindío. Both elements, together with the strategic vision of the ICT sector proposed from the Colombian government, generate an enable an environment to develop a work proposal (ecosystem) that allows creating links between the industry and academia.

From the SINFOCI research group we have been developing knowledge assets focused on improving quality in the interaction of software products and people. At the time of the creation of ecosystem for incorporating HCI, these knowledge assets lacked a commercial activity that allowed creating that link with the business sector. For this reason, the ecosystem proposal considers the collaborative work as a basis to generate valuable assets for both sectors (academia and companies). Figure 1 presents the first conception of the scheme formulated for incorporating HCI.

During the formulating of the ecosystem model some questions were evident: *How must we teach companies to buy usability services? How must we teach about the way to sell usability services or why not sell HCI? How can we impact the productive sector in a real way where theoretical material is carried to a concrete level to incorporate it in a real way, passing from a smooth incorporation to arrive to a strong incorporation of HCI? How can we make HCI a profitable matter and make it present in the developments? Why in the legal terms specifications of infrastructure designs these are signed by architects, designers, engineers, technicians, etc., but why this is not done in legal terms specifications for software? Why software projects do not include a budget for incorporating HCI in its development?*

Figures 1, 2 and 3 expose a summary of the views used to describe the proposed ecosystem. Perhaps the greatest challenge in the definition of the model is the long-term sustainability of the vision outlined for the region that goes through a process of knowledge transfer and support to companies so that they eventually can be replicators of the model, and this way perpetuate this.

Another big challenge is derived from the issues of intellectual property, confidentiality and exclusivity. Each time when knowledge is transferred to any company, there should be an agreement of this type. The complexity of this issue has to be highlighted; and as an example, we can use a real case where it has taken around six months to make this definition with a Colombian company with international scope (> 450 employees), which is exclusively dedicated to software testing.

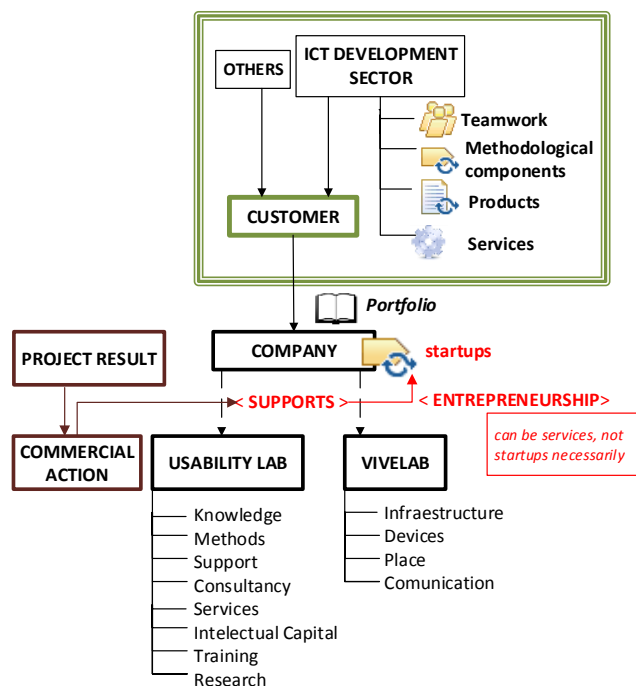


Figure 2. Main elements of the HCI incorporation at ecosystem level.

The nature of the Usability Lab of the University of Quindío is academic and its goal is not to compete with companies and even less with our graduates. We must protect our knowledge assets and at the same time, we must share and delegate the knowledge that can be efficiently adopted by companies in the region, keeping the intellectual property.

4.6 The role of the Usability lab

The usability laboratory at the University of Quindío emerges from the commitment of the academy with the region to promote the quality of software development from different dimensions:

- *Knowledge transference*: conferences, training courses, workshops.
- *Generation of knowledge assets*: methodologies, techniques, heuristics, and instruments in general.

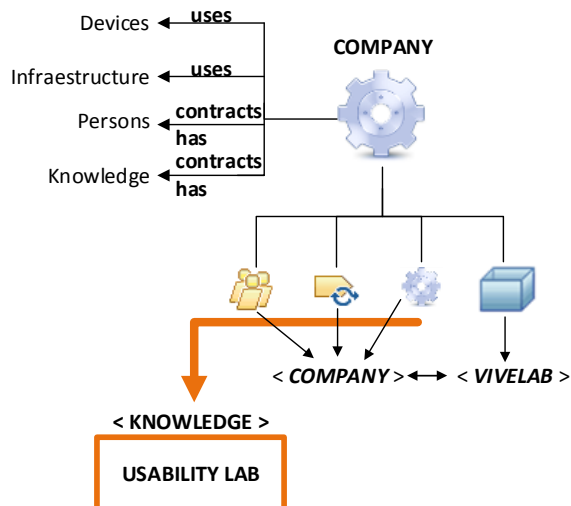


Figure 3. Incorporation elements at business level

- **Training:** usability incorporation as a curriculum area at the undergraduate and graduate students and companies.
- **Collaboration:** generation of collaborative networks (co-laboratory).
- **Observation:** technological monitoring (Observatory).
- **Development:** creation of tools to create and evaluate user interfaces.
- **Usability Testing and social extension:** unpaid support to companies under special conditions.

During the formulation of this services model, some difficulties in organizing capabilities of the laboratory were detected. It is complex to define a standard or absolute classification for those capabilities because this classification depends on the kind of client and their needs. However, from the acquired experience with entrepreneurs and their needs and the services that are currently offered, a proposal of services was generated from the Usability lab at University of Quindío. This proposal includes both testing services and HCI incorporation in development process in companies from several approaches and phases. Figure 3 shows the services and capabilities of the scheme proposed. Each capability in Figure 4 is specified as follows:

Team

This capability refers to the members of the software development team. Usability lab supports this capability through:

- **Education:** teaching the software team involved in the development of the product in the methodology context of Task & Data – Model Based User Interface Development (TD-MBUID) developed by the SINFOCI research group, or any methodology that adjusts to the needs of education, through workshops, courses, seminars among other activities related to thematic contained in those methodologies.
- **Support (technical assistance):** technical assistance is conceived to support directly people that have any education level in user centered design.

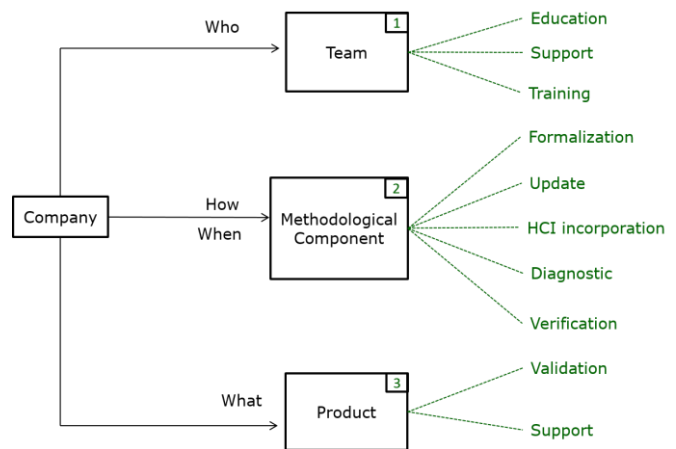


Figure 4. Outline of the usability laboratory capabilities

- **Training:** training is conceived to develop the muscular memory in the person who develops a specific task into a methodological, conceptual and technologic framework. Therefore, the training requires knowledge from the trainer about the method, technique, language and specific tool to perform a concrete task.

Methodological component

The methodological component is a super coherent set of policies, organized structures, technologies, procedures and artifacts that are necessary to conceive, develop, implement and support a software product. A methodological component can be: a best practice, discipline, activity, task, technical artifact which can make part of the execution process of a project.

At the methodological component level our usability lab proposes:

- **Updating:** support to changes and evolution of methodological components.
- **Formalization:** moving a tacit knowledge, that developers have about methods and techniques (methodology in general), to an explicit representation to make it understandable by the company team and the usability lab team. This is mandatory for development companies that do not have their processes formalized and pretend to incorporate usability in their processes; which means, defining the method components and processes from the SPEM language and through the EPFC tool.
- **HCI Incorporation:** incorporating the methodological components that are needed to guarantee a good design in user interface. This can be made into any development process of the functionality that the development company uses (RUP, agile methods, OpenUp, etc). This is: identification of the most appropriated integration points for HCI incorporation into the process or processes used in the project, activities, tasks, and artifacts to perform an appropriate interfaces design based on models.
- **Diagnostic:** analysis of the project that is developed by the company where we identify: *How much is this project incorporating HCI? What is the most adequate plan for the project?* From these questions, we identify what services are required for the HCI incorporation process in the project.

- **Verification (testing):** it consists of making tests (verification) in each discipline of the development process. It can be: prototype tests, conceptual tests, tests to several artifacts in design, and also, data models tests. Verification can be made on artifacts, tasks or techniques used in development process, e.g., specification template tests (use cases or user stories specification).

Product

Regarding product, the usability lab proposes to offer support (technical assistance, possible solutions to find bugs) and validation (usability evaluation through techniques).

4.7 Application of the HCI incorporation model in a local company

By the enrollment of COLCIENCIAS young researchers to the SINFOCI group, and with the purpose of validating the ecosystem model designed to incorporate HCI in real projects in software development companies, we prepared a validation for this model in a real company in the Quindío region. In this company, we designed a working path to incorporate HCI in one of its internal projects, taking into account the development process used in that company. Figure 5 shows the working model proposed to perform that incorporation.

The proposed model is divided in 3 sections: the first section is related to the development flow in the company (blue color). In this first approach we identify the activities performed in the development process used by the company.

The second section is related to the project analysis where we pretend to make the HCI incorporation (red color). In this point we detected the possible improvements in the activities performed by the developers that can be affected in the incorporation process, identifying the integration points where it is important to add activities and task from HCI.

The last section defines the HCI incorporation (green color), where artifacts or tasks related to the HCI incorporation are added or modified. The verification of such activities or tasks is performed by work evaluation, workshops, technical assistance and support, among others. Finally, it is necessary to review the theory to identify whether the HCI incorporation performed is the most appropriate for the project.

5. RESULTS

One of the value results generated around the ecosystem for the HCI incorporation in real software projects is the creation of a services portfolio focused on the needs of software companies. This portfolio shows capabilities that can be offered from the Usability Lab at the University of Quindío in relation to the current needs of the software development companies.

The formulation of the ecosystem model facilitated the consolidation of the Usability Laboratory at the University of Quindío, using knowledge assets of the SINFOCI research group around the area of Human-Computer Interaction to develop a commercial front-end that allows us to offer services to companies according to their needs.

In 2012, a project around the implementation of a training software platform was performed. The platform effectively supports the formation process about internal/external gas

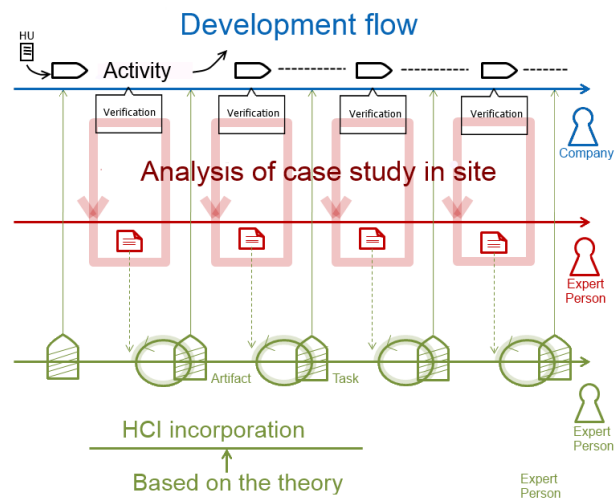


Figure 5. HCI Incorporation flow inside a local company

network installation for a local company. This company did not have the formalization of the formation process for its employees.

A curricular model was researched and generated by a research grant, in order to be articulated with a learning management system that supports the process itself. The curriculum model and the developed software are based on a user-centered design methodology. The platform was validated through usability testing with employees of the company (further beneficiaries of the training process).

The validation exercise performed with the company in the region (Section 4.7) was used to formulate a generic artifact for applying a modeling activity classification. This artifact allows identifying the levels of abstraction and granularity used in the project; that is to say, expanding and contextualizing the information related to the business, facilitating the design of the information domain, and therefore, better user interfaces.

From the work on the classification of modeling activity, we made a PhD proposal where we will try to enrich the activity taxonomy proposed in [11]. This proposal will allow classifying work elements correctly from any specification of a system, that are not commonly considered by an engineer, or elements that should be considered if attributes such as collaboration, security, usability, etc., are in mind.

The taxonomy will be constructed with a conceptual sense from the integration of a set of proposals that have a theoretical foundation. At the conceptual level, the taxonomy will allow to define the minimum classifiers required to describe software specifications that fulfill several quality attributes from multiple perspectives, such as HCI, security, collaboration, communication, etc. A language will be defined to express the timing, synchronization, hierarchy, structure and other aspects that characterize interactive systems (and software in general), and, in similar way, define their expressiveness.

6. CONCLUSIONS AND FURTHER WORKS

The HCI incorporation is a very complex process; but at the same time, it is needed that companies in the software development sector start to recognize the advantages of a good design. “*So the design matters*”.

The HCI incorporation can be done gradually, and even in a strong way. HCI incorporation can be reflected in a better practice assumed by the development team, or in a better understanding of the conceptual design of the domain data that includes a more precise information perceived by users. In addition, it could affect large parts of the product development plan.

Our experience in HCI incorporation processes indicates that it is better if the incorporation starts when the HCI expert team affects the product, then affects the team, passing by the methodological components, and finalizing with the incorporation over the services.

The biggest inconvenient perceived during the processes of HCI incorporation is that most of the companies that want to invest in these services, are not disposed to give information about the information architecture or databases. Fortunately, it is possible to define techniques to capture mental models of key users, business experts and databases analysts, through which valuable information is acquired.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors thank COLCIENCIAS (National Department of Science, Technology and Innovation of Colombia), for the support granted through the *Young Researchers* programs, calls 2012 to 2013. Also, authors thank the Vice-chancellor of Research at the University of Quindío by the logistical and financial support of the research projects that allowed us to formulate the aforementioned ecosystem model.

8. REFERENCES

- [1] William J. Giraldo, María L. Villegas, Antoni Granollers, y César A. Collazos. Una propuesta de inclusión del área de Usabilidad en la estructura curricular en Colombia. Memorias del VIII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2007 (AIPO). Zaragoza, España. 2007.
- [2] Fábio Giraldo, César Collazos, Raquel Navarro y Mari-Carmen Marcos. INTERACCIÓN 2009 - Interacción Humano Computador en IberoAmérica. ISBN: 978-958-8593-00-5 páginas 470. Editor: Centro de Publicaciones de la Universidad del Quindío, 2009.

- [3] Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. Estrategia Gobierno en Línea 2012 – 2015 para el orden nacional 2012 – 2017 para el orden territorial. Disponible en <http://programa.gobiernoonline.gov.co/apc-aa-files/e5203d1f18ecfc98d25cb0816b455615/manual3.1.pdf>.
- [4] Silvia T. Acuña, John W. Castro, Natalia Juristo, A HCI technique for improving requirements elicitation, Information and Software Technology, Volume 54, Issue 12, December 2012, Pages 1357-1375, ISSN 0950-5849, <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2012.07.011>.
- [5] Alan Cooper. 2007. About Face 3.0: The Essentials of Interaction Design. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
- [6] Begoña Losada, Maite Urretavizcaya, Isabel Fernández-Castro, A guide to agile development of interactive software with a “User Objectives”-driven methodology, Science of Computer Programming, Volume 78, Issue 11, 1 November 2013, Pages 2268-2281, ISSN 0167-6423, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scico.2012.07.022>.
- [7] Carmelo Ardito, Paolo Buono, Danilo Caivano, Maria Francesca Costabile, Rosa Lanzilotti, Investigating and promoting UX practice in industry: An experimental study, International Journal of Human-Computer Studies, Available online 23 October 2013, ISSN 1071-5819, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.10.004>.
- [8] Anirudha Joshi, N.L. Sarda, Sanjay Tripathi, Measuring effectiveness of HCI integration in software development processes, Journal of Systems and Software, Volume 83, Issue 11, November 2010, Pages 2045-2058, ISSN 0164-1212, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2010.03.078>.
- [9] Daniel Sinnig, Patrice Chalin, and Ferhat Khendek. 2013. Use case and task models: An integrated development methodology and its formal foundation. ACM Trans. Softw. Eng. Methodol. 22, 3, Article 27 (July 2013), 31 pages. DOI=10.1145/2491509.2491521 <http://doi.acm.org/10.1145/2491509.2491521>.
- [10] Hussein, I.; Mahmud, M.; Yeo, A.W., "HCI practices in Malaysia: A reflection of ICT professionals' perspective," Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in, vol.3, no., pp.1549,1554, 15-17 June 2010. doi: 10.1109/ITSIM.2010.5561470, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=5561470&isnumber=5561452>
- [11] Giraldo, W. J. (2010). Marco de Desarrollo de Sistemas Groupware Interactivos Basado en la Integración de Procesos y Notaciones. PhD, Universidad Castilla - La Mancha (España).

Dispositivos de Interacción y Sistemas Multimodales

DiscoverView Saudi:

A new point of view of Saudi Arabia

Habib M. Fardoun, Abdullah AL-Malaise AL-Ghamdi, Lorenzo Carretero Gonzalez

King Abdulaziz University

P.O. Box: 80200. Zip Code: 21589

Jeddah, Saudi Arabia

{hfardoun, aalmalaise,lgonzalez}@kau.edu.sa

ABSTRACT

Few people know about real Saudi history and culture; this is because what most people know is based on clichés based on word of mouth. Anchoring in new ways of combining existing technologies such as GPS, the web services, the cloud hosted information, 3D modelling and the services offered by mobile devices, the proposed system offers to the user, located at anywhere in Saudi Arabia, the ability to acquire desired information about his/her surroundings on a mobile device. Thus, the user's mobility and the mobile device location information can be obtained related to the city areas surrounding the user. As such, not only someone can visit Saudi Arabia, but also a global 360 degrees vision of the surroundings is possible related to the buildings, sightseeing and under constructions areas along with their history; in other words, providing a glance and insight into Saudi Arabia's past, present and future.

Categories and Subject Descriptors

J.7 [Computers in other systems]: *Real time*

General Terms

Design.

Keywords

Mobile; GPS; web services; 3D; cloud computing; human computer interaction, virtual walk

1. INTRODUCTION

Nowadays there is a major lack of awareness about the Middle East culture, customs and infrastructures. Other than this, and due to diverse historical events of the recent years, people around the world have constructed specific ideas about the Arabic world that differs from reality. Thus, a lot of clichés and limited information in relation to the Arabic countries and Saudi Arabia in particular exist in people's minds. This proposition offers a different perspective to the world by offering a global view so to discover Saudi Arabia regions, customs and associated historical events. Therefore, the visitor can directly experience the wonders this country offers and expand his/her awareness of Saudi Arabia history and people.

This global view of Saudi Arabia surroundings and connected history and future is possible by combining diverse new technologies. However, if used on their own the view is limited; but if their synthesis is possible by forming new structures, their versatility and usability are significantly raised. This paper presents one of such technological synthesis of hardware and

applications, mainly using the mobile device, the global positioning system (GPS) and 3D modelling. Obviously, communication elements and information storage systems need to be in place; these requests to the web services can be fulfilled by information acquired from the Cloud. The Cloud offers needed information related to places, construction areas, and historical events or else stored there. This data can be visible to the user related to the time of request and situation.

2. STATE OF THE ART

This section provides information about the terminology and technologies currently available as well as their relation to the proposed system.

2.1 GPS

GPS¹ is widely and successfully introduced in our society as any device of considerable value has this feature in the market competition. Many applications use GPS, such as the following:

- Google Maps. Possibly the most advanced web application using GPS, allowing the user to explore the world and surroundings depending on his/her special interests [1][4].
- Navigators. A navigator takes advantage of the GPS on a mobile device. Positioning is the main feature of such applications [2][3].
- Social networks. Nowadays, social networks provide added value to the web together with the type of technology that underpins social networks' needs. Thus, when a user introduces a picture, comment or else, s/he may also indicate the locus on the planet via GPS.

Constant improvement and inherent competence of such application types improve the system benefiting the user; position precision for a determined location has now a very low error margin.

2.2 3D Modeling in virtual walks

3D modelling of objects and scenarios has been recently improved due to the number of applications developed to depict a three-dimensional world as close to reality as possible [5-7][9]. Thus, there are a lot of graphic engines that, using basic modelling, can display scenarios with optimum quality and flow. This is possible for different fields such as games, the military context, virtual walks, etc. This proposal is focused on virtual walks [8]. Virtual walks are based on the idea that a person, either from his/her own

¹ GPS. Global Positioning System

home or another place, can view a place of choice and its characteristics by walking through it using the mobile device. Consequently, this technology has been widely implemented in museums, major buildings or any other location and construction or area of touristic interest. Up to now, such applications are used on a static mode; in other words, the user's positioning is totally independent of the content shown.

2.3 Mobile technology

Current mobile devices evolution suggests that this type of technologies and applications have revolutionized the way humans now communicate and interact [10,11]. Indeed, new mobile devices with new features appear every year as a new generation of applications, providing new interaction forms, not achievable before. One is the accelerometer, which helps the device to know more about its position, independently of the three-dimensional space [12]. Thus, this characteristic has been widely used in mobility due to its versatility in performing all types of actions such as rotating the mobile to see a picture clearer or playing with an application such as throwing a ball into a hole; thus, the direction and function varies depending on the angle between the device and the horizontal plane. As a result, the accelerometer is the key in this proposition for actions, as for example pointing the mobile towards a skyscraper to know its height.

3. GLOBAL VIEW OF THE SYSTEM

The system can be divided into two completely differentiated parts depending on its uses. The first option is related to a user visiting Saudi Arabia; using the mobile device, a visitor can see a 3D environment by pointing the mobile to the area so to acquire the information needed. The second one is related to a user locating him/herself in situ and into the 3D model of Saudi Arabia provided from anywhere in the country; once there, s/he can make a virtual walk and observe areas, buildings etc. as well as related information. The following sub sections explain these possibilities.

3.1 Dynamic virtual walk “in situ”

Figure 1 depicts the ways a user, travelling in Saudi Arabia, walks on a specific street in a specified city, running the proposed system to acquire more information about the visiting space. To achieve this target, the user takes the mobile and directs it, like taking a picture, to what s/he desires to explore [13]. The system, based upon GPS positioning and orientation, shows the buildings and places on a three-dimensional mode; on the top of this, there are options to help the user seeing as much information of the place as possible, such as the finalization date of an under construction building block which refers to the past or is projected to the future. Thus, while the user turns around his/her position, the modelling shown can simultaneously turn along with him/her to fit the application's content with reality in the best possible way.

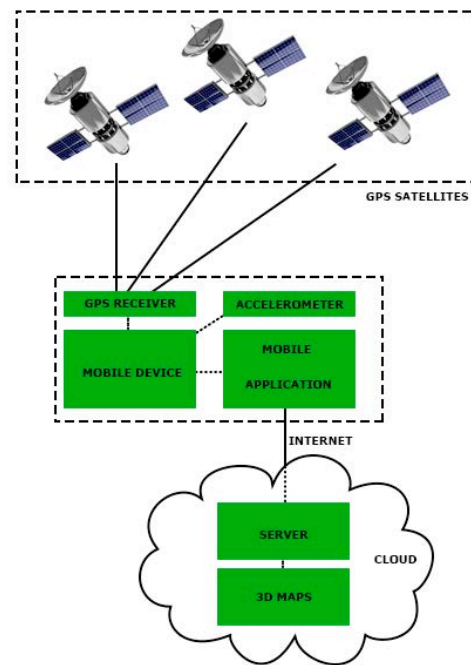


Figure 1. A user uses the system based on the simultaneous device movement

3.2 Static virtual walk

The static virtual walk builds upon the fact that the user, through the mobile application and from anywhere with Internet connection, can see the different places without moving around. For that reason, the user switches the application on to establish a concrete position s/he wants to start the walk. Once user locus is established using the application controls, the user is able to move into a three-dimensional scenario, which simulates the specific place in Saudi Arabia.

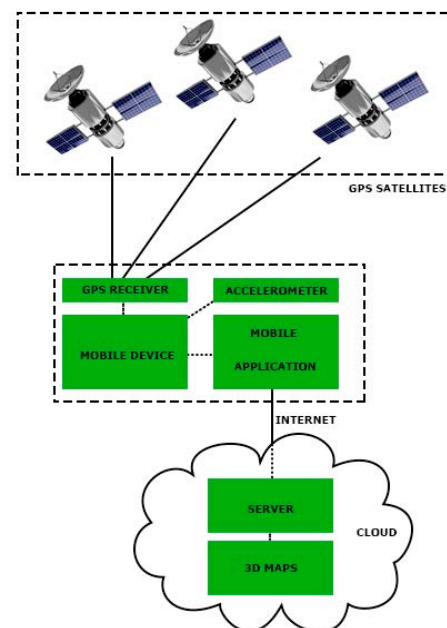


Figure 2. A user uses the system from his/her home choosing from an options menu

This option has more similitude with existent applications as with virtual walks for museums or else. The procedure is very similar to the Google Maps [1] application, where there exists the possibility of inserting an icon in human form and positioning it on the place to explore. In this particular case for a virtual walk, a 3D model of the place is constructed, not merely pictures.

By using a mobile device with GPS and the proposed application, one can acquire an immersive new experience with his/her surroundings. This is only the tip of the iceberg as the application can be functioning on a global level and from the user's perspective.

4. SYSTEM ARCHITECTURE

This section refers to the abstract system architecture taking into consideration the user's perspective and the necessary intern components to complete the system.

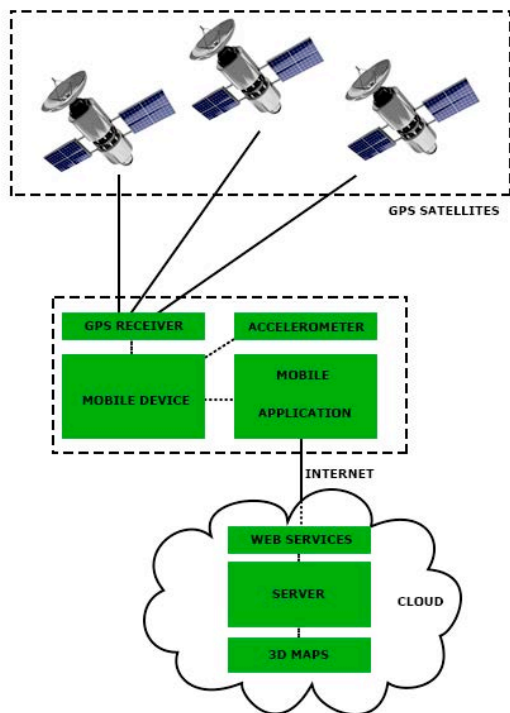


Figure 3. Model Architecture for Discover View Saudi

Each of the components in Figure 3 is discussed next towards a global perspective and system.

4.1 GPS Satellites

GPS satellites provide a fundamental piece for the dynamic virtual walk model development, where the user's position in every instant is needed to generate the 3D view of what s/he is viewing. GPS satellites provide the mobile device coordinates without significant error margin.

However; GPS satellites are not necessary for a static virtual walk, where only the exact position on a map is needed so to launch the 3D virtual view.

4.2 GPS Receiver

Nowadays the new generation mobile devices include specific hardware for sending and receiving location information. Thus,

the user's position is obtained on the spot, which is provided to the applications requiring the exact position.

4.3 Accelerometer

As with GPS, accelerometers can be found on almost every mobile device. This function is based on changing the screen orientation, so to control other devices by the angle's variation along with the Earth horizontal plane. In this proposition, accelerometer is used to show the user's point of view on the spot. Thus, if the users are close to a building and they want to check its height, they only need to vary the mobile angle; pointing to the building is enough to explore it, in a normal manner as in taking a usual glance to something real. Therefore, the mobile is transformed into a window to a virtual world, with the windows to be moved at any axis the user desires.

4.4 Mobile Application

The proposed application that serves as the interface for all functionalities discussed in this paper can be downloaded using the most popular ways: AppStore (iOS), PlayStore (Android) and the product web page. Thus, the services are available for all users as these services are provided by the platform.

This application obtains the location using the mobile device's hardware, and communicates it with the server through the web services so to acquire the maps and the three-dimensional models for the specified location. It also obtains the associated information for each building, construction area or specific sightseeing location, for the user to read, explore, experience, better understand and make meaning of everything around him/her.

As for a static virtual walk, the application provides the model for the area selected by the user with the associated information and the necessary buttons to control the visit within the three-dimensional model.

4.5 Web Services

Users' requests are conducted using the mobile application through the web services, which control access and provide the requested information from the system. This information is mostly visual and relative to the existing virtual model.

4.6 Server

The server is in charge of the requests processing by the mobile applications through the web services to the system. This processing consists of the mobile positioning and direction and also obtaining the three-dimensional map models for the requested area. In addition, all information is calculated in real time also sending the corresponding image to the mobile device. This information consists of an image that makes reference to the 3D map and the data related with the environment. Thus, the device only obtains the image generated on the server without requiring any other type of additional processing which can drastically decrease the application performance.

5. USER EXPERIENCE

User Experience (UX) is a very important factor for any model exploring the wonders of a determined city or a commemorative place. Thus, the user has to feel as close as possible to the system for living not only the real experience, but also the virtual, where s/he can obtain information and different views of the specific moment and situation. This type of immersive experience has been translated into other models, as for example videogames,

where a first person view has been the most common way to immerse the user into the system. Following such perspective in this proposition, the user also has a first person view of the virtual world located at the same position as his/her own. Furthermore, everything around the user is associated in a directed way, with desired information and vision provided for a specific place within Saudi Arabia.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The new model proposed in this paper provides an application for 3D virtual walks on a reliable manner for different places, buildings or construction areas around Saudi Arabia. Moreover, information related to history as well as locus present and future is available, taking advantage of the virtual world where users can find information about future constructions or projects. Therefore, this proposition not only provides a point of view of Saudi Arabia from a 360 degrees perspective, but also offers the user a new immersive experience, merging the real with the generated three-dimensional virtual walk, in a coherent and informative experience in the past, present and future. In result, this proposition offers a new way for the user to explore an environment taking advantages of current technologies used by most population.

As for our future research, there are diverse aspects to improve and expand user's experience that would transform the new model to an opportunity for users to obtain diverse perspectives of different places not possible to experience before. Some of the features are the following:

- A camera is used to detect different buildings and adjust positioning in the virtual world. Along with the GPS location, user's location determination can be improved.
- A camera is used to detect Arabic writing. Thus, the users, who live the virtual experience within a determined place, not only can acquire information for places they visit, but also understand the information provided by the posters they see around them. The translation can be obtained using pulsation on the virtual world, over the detected poster. As such, the user experience can be further improved as s/he can understand of s/he sees living a meaningful experience.
- The virtual world can be more dynamic by providing more real time experiences; this is because the virtual world does not show a static place associated with animation at the moment. The three-dimensional world would obtain people walking, objects moving, animals, movement of natural components, etc.
- Another element, which could improve the system, would be the incorporation of user personal notes related to a determined location, building, and construction area or else. In case of revisiting the place, the user would know using his/her own data s/he previously inserted as personal notes.

An extension of the virtual world to a global level would be very attractive, not only using the application inside Saudi Arabia. Thus, improving and expanding the application platform with information and models for the whole planet can construct a global virtual system. This would reach a great number of people around the world.

7. REFERENCES

- [1] Google Maps. Google application to manage and show the geographical information. <http://maps.google.com/>
- [2] Georgy, J. ; Noureldin, A. ; Goodall, C. Vehicle navigator using a mixture particle filter for inertial sensors/odometer/map data/GPS integration. IEEE Transactions on Consumer Electronics, (Volume:58, Issue: 2). DOI: [10.1109/TCE.2012.6227459](https://doi.org/10.1109/TCE.2012.6227459)
- [3] Fong-Ming Shyu ; Yi-Ru Juo ; Jia-Ling Tsai ; Yu-Gang Chen. An intuitive web-camera based 3D navigator system. 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2010. DOI: [10.1109/INDIN.2010.5549406](https://doi.org/10.1109/INDIN.2010.5549406)
- [4] Liang, Miner; Guerra, Julio; Brusilovsky, Peter; Building multi-layer social knowledge maps with Google Maps API. Workshop on Semantic and Adaptive Social Web (SASWeb 2012) , July 16, 2012.
- [5] Zhongyun Zhou; Xiao-Ling Jin; Douglas R. Vogel; Yulin Fang; Xiaojian Chen; Individual motivations and demographic differences in social virtual world uses: An exploratory investigation in Second Life. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.07.007>
- [6] N. Sadat Shami; Thomas Erickson; Wendy A. Kellogg; Common Ground and Small Group Interaction in Large Virtual World Gatherings. DOI: 10.1007/978-0-85729-913-0_21
- [7] Kaneva, B. ; Torralba, A. ; Freeman, W.T.; Evaluation of image features using a photorealistic virtual world. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2011. DOI: 10.1109/ICCV.2011.6126508
- [8] Shuang-Mei Wang. A Virtual Walk along Street Based on View Interpolation. Journal of Electronic Science and Technology of China, 2013. DOI: 10.3969/j.issn.1674-862X.2013.04.013
- [9] Luigi Barazzetti; Marco Scaioni; Fabio Remondino; Orientation and 3D modelling from markerless terrestrial images: combining accuracy with automation. The Photogrammetric Record. Volume 25, Issue 132, pages 356–381, December 2010. DOI: 10.1111/j.1477-9730.2010.00599.x
- [10] Fardoun, H. M., López, S. R., & Villanueva, P. G. (2011). Improving e-learning using distributed user interfaces. In *Distributed User Interfaces* (pp. 75-85). Springer London.
- [11] Tesoriero, R., Fardoun, H., Gallud, J., Lozano, M., & Penichet, V. (2009). Interactive learning panels. In *Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains* (pp. 236-245). Springer Berlin Heidelberg.
- [12] Tesoriero, R., Villanueva, P. G., Fardoun, H. M., & Sebastián Rivera, G. (2014). Distributed user interfaces in public spaces using RFID-based panels. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(1), 111-125.
- [13] Lozano-Quilis, J. A., Gil-Gómez, H., Gil-Gómez, J. A., Albiol-Pérez, S., Palacios, G., Fardoun, H. M., & Mashat, A. S. (2013, May). Virtual reality system for multiple sclerosis rehabilitation using KINECT. In *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2013 7th International Conference on* (pp. 366-369). IEEE.

Un sistema multisensor de posicionamiento de múltiples usuarios

Miguel Oliver

Grupo de Investigación LoUISE
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete
02071 - Albacete (España)
oliver@dsi.uclm.es

José Pascual Molina

Grupo de Investigación LoUISE
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete
02071 - Albacete (España)
josepascual.molina@uclm.es

Francisco Montero

Grupo de Investigación LoUISE
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete
02071 - Albacete (España)
francisco.msimarro@uclm.es

Pascual González

Grupo de Investigación LoUISE
Instituto de Investigación en Informática de Albacete
02071 - Albacete (España)
pascual.gonzalez@uclm.es

Antonio Fernández-Caballero

Grupo de Investigación LoUISE
Instituto de Investigación en Informática de Albacete
02071 - Albacete (España)
antonio.fdez@uclm.es

RESUMEN

Los sistemas de Interacción Persona-Ordenador (IPO) que hacen uso de cámaras están ganando presencia y demanda según se desarrollan sensores de interacción gestual más precisos y asequibles.

El uso de tan solo una cámara para detectar los movimientos de un usuario puede llegar a ser suficiente en el caso de que éste se mantenga dentro del ángulo de visión de la misma. En ese caso, el sistema puede aportar datos precisos acerca de la situación y movimientos del usuario, pero en el momento que se considera un espacio de interacción grande o la inclusión de un número alto de usuarios, un sistema monocámara presenta limitaciones a la hora de seguir y reconocer a dichos usuarios. Sin embargo, si se considera el uso de un conjunto de cámaras, en vez tan solo una, el sistema puede hacerse cargo del reconocimiento de dichos usuarios aportando mayor precisión y capacidad.

Para superar las limitaciones anteriores, este artículo propone una solución que se basa en un sistema de posicionamiento mediante la captura de movimiento multisensor, que no usa marcas, ni tiene las imposiciones que supone el uso de un tipo específico de sensor. Este sistema está siendo utilizado como base para la construcción de sistemas futuros que necesiten información sobre la posición e identificación visual de múltiples usuarios, por ejemplo, soportando actividades de rehabilitación.

Categorías y descriptores de tema

H.5.2. Interfaces de usuario. Dispositivos y estrategias de entrada, Estilos de interacción.

Términos generales

Prestaciones, Diseño.

Palabras clave

Posicionamiento, interacción hombre-máquina, multicámara, multisensor, múltiples usuario, entornos inteligentes.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
Conference '10, Month 1-2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas de reconocimiento de usuarios mediante imágenes capturadas por sensores se han convertido en algo casi cotidiano.

En este sentido, en los últimos años se han popularizado las cámaras de profundidad basadas en imágenes infrarrojas. Dentro de los sistemas que hacen uso de este tipo de sensores se pueden encontrar dos tipos de sistemas diferenciados. El primer tipo a considerar son las soluciones propietarias completas: en este tipo de sistemas todos los componentes, ya sean hardware como software, son suministrados por la misma compañía. Un ejemplo de este tipo de sistemas son el módulo de captura de movimiento OptiTrack de la empresa NaturalPoint [1], el cual hace uso de entre 4 a 96 cámaras infrarrojas para la captura del cuerpo del usuario. El segundo tipo a considerar son las soluciones libres y las soluciones propietarias no completas: en este tipo de sistemas no todo el hardware o software depende de una única compañía. Un ejemplo de esto son los sistemas de ayuda en la rehabilitación construidos en base a sensores Kinect de Microsoft [2] [3], tales como el sistema multisensorial presentado por Oliver et al. [4].

El primer tipo de sistemas suelen suponer soluciones más caras, que se encuentran limitadas por el tipo de sensor soportado, pero que a su vez suelen ser más precisas en la recogida de datos, ya que todo el sistema se encuentra diseñado para un propósito específico. Esto puede llevar a pensar que los sistemas que hacen uso de sensores genéricos no pueden competir con los sistemas de propósito específico, pero esto no es así, tal y como se demuestra en el artículo presentado por Chang et al. [5], donde se comprueba que incluso con tan solo un sensor Kinect se puede alcanzar una precisión válida para realizar ejercicios de rehabilitación. Esta idea también se confirma en la investigación presentada por Obdrzalek et al. [6], en la que comparan seis ejercicios orientados para la rehabilitación de personas de la tercera edad.

2. PROPUESTA

En este artículo se presenta y describe un sistema de captura de movimiento multisensor, sin marcas y sin imposiciones de uso de un tipo específico de sensores, usado para la localización de múltiples usuarios simultáneamente, que puede ser instalado en un espacio acotado de manera económica y asequible.

Las características de este sistema son explicadas a continuación:

- **Sistema multisensor:** Los sistemas multisensor son aquellos que permiten el uso de más de un único sensor al mismo tiempo. El sistema desarrollado hace uso de múltiples y diferentes sensores de profundidad.
- **Sistema sin marcas:** El término sin marcas hace referencia a la necesidad de añadir al cuerpo del usuario marcas visibles que los sensores puedan identificar. El sistema implementado permite el reconocimiento del usuario sin necesidad de añadir marcas a este.
- **Sistema no ligado a tipos específicos de sensores:** Diferentes propuestas en el campo de los sistemas de captura de movimiento hacen uso de un tipo específico de sensores de profundidad o cámaras. El sistema descrito permite, mediante pequeños ajustes, conectar cualquier tipo de sensores de profundidad.
- **Sistema económico y asequible:** Debido a que el sistema no usa hardware específico, y por la posibilidad de conectar los sensores necesarios dependiendo del área que desea abarcar o los usuarios que se necesite reconocer, nuestro sistema se convierte en una alternativa asequible frente a otras alternativas comerciales de captura de movimiento.

3. RETOS A AFRONTAR

El objetivo del sistema desarrollado es permitir el uso de hardware económico, tal y como pueden ser los sensores Microsoft Kinect, para crear un sistema de localización multicámara que, mediante la unión de los datos recogidos de múltiples de estos sensores, aumente la precisión de los datos recogidos, aumentando el rango de actuación y disminuyendo el coste del sistema.

A continuación se muestra la problemática asociada al desarrollo del sistema propuesto, desglosando el problema principal en una serie de problemas secundarios que son identificados y resueltos.

3.1 Selección y despliegue de los sensores

Dependiendo de la extensión del área de reconocimiento, que se desee establecer, así como de las características medioambientales, y teniendo en cuenta la precisión de los datos que se quiera obtener, se deberán seleccionar el número y tipo de sensores apropiados.

Una vez seleccionados los sensores a utilizar en el sistema de posicionamiento, es necesario diseñar la distribución de los sensores que serán colocados tanto en el espacio físico, como en el espacio virtual.

Una vez completado el despliegue de los sensores en el espacio físico, se hace lo propio en el espacio virtual, situando los sensores virtuales sobre el plano a imagen de los reales, para que de esta manera se puedan generar los datos de los usuarios correctamente.

3.2 Integración de los datos recogidos

Nuestro sistema permite que cada uno de las cámaras del espacio bajo supervisión recoja datos de los usuarios que reconoce, y una vez realizado este proceso, puede comenzar la integración de la información de todos los sensores. En este proceso se pueden presentar tres casos:

- **Caso 1. Un usuario es reconocido por tan solo una cámara:** En este caso no se necesita procesamiento adicional, ya que se entregarían los datos como si de un sistema monocámara se tratara. En la Figura 1a se muestra un triángulo negro que marca la zona limitada por cada uno de los sensores conectados al sistema, en este caso solo uno. Dentro de él, el usuario reconocido por el sistema se representa mediante el círculo verde con el número 1.
- **Caso 2. Un usuario es reconocido por más de una cámara:** El sistema deberá ser consciente de que se trata de la misma persona, para esto los sensores ubican a los usuarios en el mundo virtual, y en el caso de que diferentes cámaras encuentren a diferentes usuarios tan próximos como un área establecida previamente (denominada “área personal”), el sistema determinará que se trata del mismo usuario y combinará los datos de los sensores juntando todos ellos. En la Figura 1b se muestra un ejemplo de este caso.
- **Caso 3. Dos usuarios son reconocidos por una o varias cámaras, pero estos se encuentran demasiado cerca uno del otro:** En este caso el sistema reconoce que los usuarios se encuentran demasiado cerca (es decir existe una intersección entre sus áreas personales) y muestra a estos usuarios en rojo. La Figura 1c representa esta circunstancia.

El tamaño del “área personal” debe ser lo suficientemente grande como para poder evitar los errores surgidos de los dos factores anteriores, y lo suficientemente pequeño como para no causar falsos positivos a la hora de reconocer usuarios, y es establecida dependiendo de dos factores: (1) La precisión del tipo de cámaras y sensores utilizados, ya que cuanto más precisos sean los sensores, más pequeña puede ser el área establecida. (2) La semejanza entre la colocación de los sensores en el mundo real y la colocación de los sensores en el mundo virtual, ya que cuando más precisa sea esta relación, el área establecida puede ser menor.

La integración de los datos de los usuarios con más de dos sensores se podría descomponer en los casos presentados anteriormente, ya que el sistema se encargaría de realizar esta integración mediante parejas de datos. Los datos de los dos primeros sensores serían integrados, y el resultado se volvería a integrar con los datos del tercer sensor, continuando este proceso hasta contemplar todos los datos disponibles.

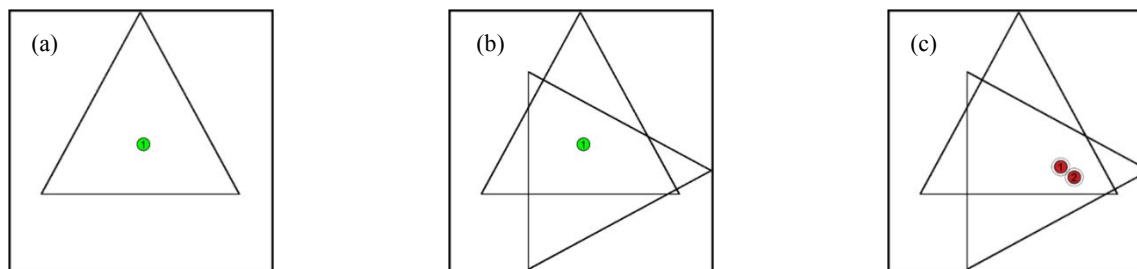


Figura 1: Integración de los datos de varios sensores

3.3 Identificación unívoca de los usuarios

Una vez que los sensores han obtenido los datos de las personas presentes dentro del área de reconocimiento, y una vez estos datos hayan sido integrados para ofrecer una imagen unificada de dicha persona, queda la tarea de identificar qué usuario virtual se corresponde con cada usuario del sistema.

Un usuario virtual es la representación localizada de un usuario del mundo real. De dicho usuario tan solo se conoce la posición que ocupa en el espacio en dos dimensiones del área de reconocimiento. En cambio, un usuario identificado representa a un usuario con un rol en el sistema.

Para complementar la identificación de los usuarios nuestro sistema ha integrado un sistema de reconocimiento de voz mediante sensores Kinect, de modo que cada usuario con tan solo pronunciar una palabra clave, previamente definida, acompañada de su nombre puede ser identificado por el sistema.

3.4 Seguimiento de los usuarios identificados

Los usuarios no son entes estáticos que una vez identificados continúen en el mismo espacio físico durante su interacción con el sistema, sino que estos pueden moverse libremente por el área de reconocimiento sin que esto deba suponer un problema a la hora de permitir identificarlos.

A continuación se describe cada una de las situaciones que pueden derivarse del movimiento del usuario por el área de supervisión, así como el comportamiento del sistema:

- **Usuario entrando en el campo de supervisión de un sensor (Figura 2a):** En este caso un usuario que aún no ha sido reconocido se mueve dentro de la zona de reconocimiento de un sensor. A continuación, el sistema emitirá una pregunta para que el nuevo usuario se identifique a través del sistema descrito anteriormente.
- **Usuario saliendo del campo de supervisión de un sensor (Figura 2b):** En este caso el usuario abandona el área de supervisión de un sensor llegando hasta una zona sin supervisión. El usuario dejará de ser reconocido en cuanto salga del espacio de reconocimiento.

- **Usuario moviéndose dentro del campo de visión de un sensor (Figura 2c):** En este caso el sistema identifica que el usuario se encuentra moviéndose y no sale del espacio de identificación designado por el sensor, por lo que el usuario será reconocido en todo momento.
- **Usuario moviéndose al espacio ocupado por otro usuario (Figura 2d):** En este caso el usuario se acerca tanto a otro (sus áreas personales intersecan) que el sistema confunde los cuerpos de ambos, haciendo imposible la identificación de estos.
- **Usuario entrando en el campo de visión de un sensor mientras que se encuentra en el campo de visión de otro (Figura 2e):** En este caso el usuario ya ha sido identificado por un sensor y en su movimiento entra en el campo de otro sensor. El sistema, al ver que el usuario ya había sido identificado anteriormente, establece esa misma identificación al usuario resultante de combinar los datos de ambos sensores.
- **Usuario moviéndose entre campos de visión de dos sensores mediante una zona de superposición (Figura 2f):** En este caso el usuario se mueve del campo de visión de un sensor al campo de visión de otro sensor, pero en el trascurso del recorrido nunca sale del espacio de reconocimiento de los sensores. En este caso el sistema no pierde la identificación del usuario, ya que la identificación del usuario es constante durante todo el proceso.
- **Usuario moviéndose entre campos de visión de dos sensores fuera de la zona de superposición (Figura 2g y Figura 2h):** En este caso el usuario se mueve desde la zona de visión de un sensor a la zona de visión de otro sensor, pero en el trascurso del recorrido sale fuera de las zonas de reconocimiento de todos los sensores. En este caso el sistema pierde la identificación del usuario, ya que no puede asegurar que el usuario que salió de una zona es el mismo que el usuario que entró en la otra zona.

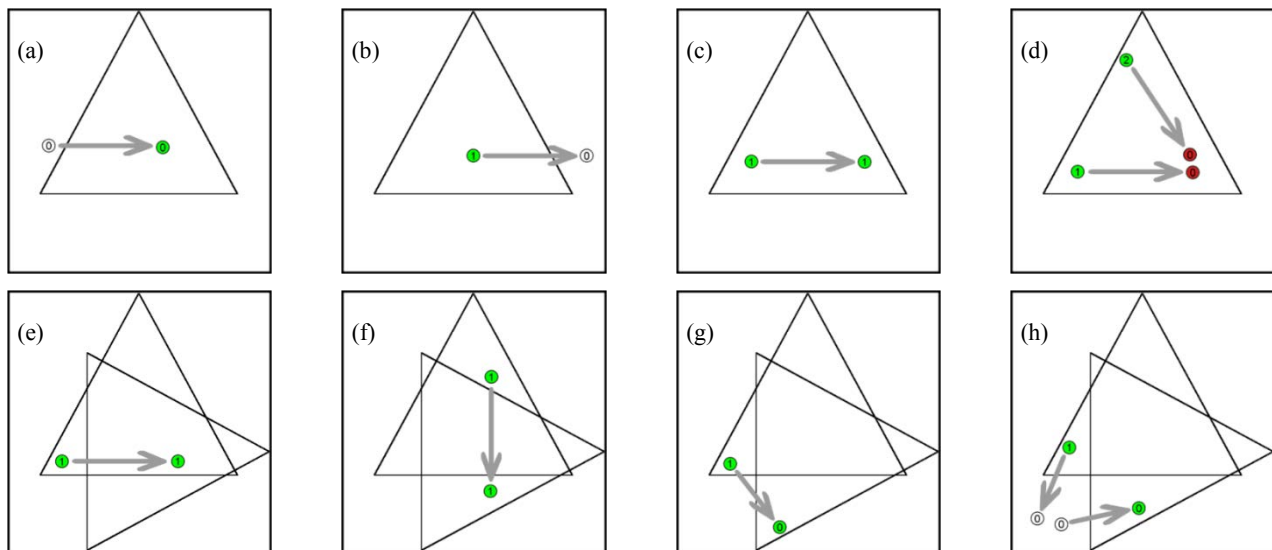


Figura 2. Situaciones derivadas del movimiento del usuario por el área de supervisión.

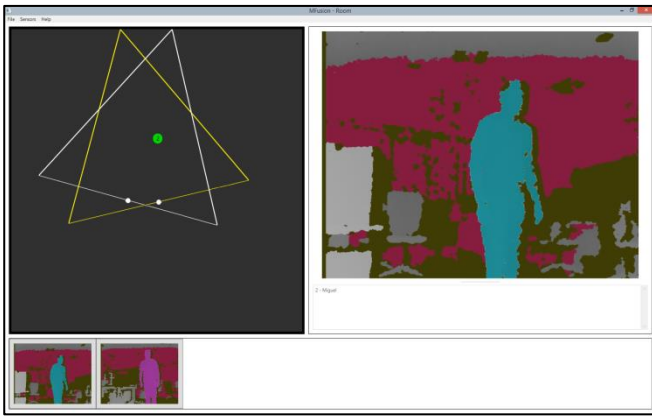


Figura 3. Sistema desarrollado

El movimiento realizado en el área de reconocimiento con más de dos sensores tiene el mismo comportamiento que si se tratara de un movimiento en un área con dos sensores. El sistema seguiría la misma política que para la integración de datos, es decir, ir combinando los datos en parejas.

4. HERRAMIENTA DESARROLLADA

Con todo lo visto anteriormente se ha desarrollado el sistema descrito tal y como se muestra en la **Error! Reference source not found.** Esta herramienta ha sido construida en WPF, sobre las librerías de Microsoft para Kinect.

En la parte izquierda de la interfaz aparece un recuadro oscuro que representa al espacio virtual de reconocimiento, y dentro del mismo se encuentran los dos sensores conectados en ese momento. Los sensores son dibujados en la sala mediante triángulos, que representan el campo de reconocimiento que es capaz de abarcar cada sensor. El campo de reconocimiento de un sensor Kinect se encuentra sobre los 8.5 metros cuadrados. Por lo tanto, en el caso de usar dos de estos sensores, tal y como muestra el ejemplo, el área de reconocimiento puede variar desde los 8.5 metros cuadrados, si los sensores se encuentran superpuestos, a los 17 metros cuadrados si los dos sensores supervisan áreas totalmente diferentes.

Los usuarios son representados mediante un círculo verde si son reconocidos por al menos un sensor, y en rojo si los usuarios se encuentran demasiado cerca los unos de los otros en base a sus "áreas personales".

Además, el sistema permite conocer qué persona reconocida es cada usuario del sistema, ya que el sistema asigna a cada usuario reconocido un identificador. En la **Error! Reference source not found.** también se muestra que el sistema ha asignado el identificador "2" a la persona reconocida. En la parte derecha se muestra esta relación entre usuario real e identificador asignado, en este caso el usuario ha sido reconocido como "Miguel".

En la parte inferior se encuentran los sensores conectados al sistema, dos en este caso. En el caso de sensores Kinect, tal y como se muestra en la **Error! Reference source not found.**, se puede determinar si desea que el sensor muestre la imagen que captura su cámara en color o la imagen que captura su cámara de profundidad. En el caso de que el sensor fuera capaz de mostrar otro tipo de información también podría ser visualizada en el espacio asignado al sensor.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El sistema desarrollado puede ser una pieza clave a la hora de crear sistemas multicámara que necesiten reconocer la posición y movimientos de varios usuarios en una misma sala o espacio. Estos sistemas pueden ser muy útiles, por ejemplo, en una sala de rehabilitación de personas con problemas de movilidad donde se asista a pacientes que necesiten de rehabilitación física, o un gimnasio donde se indique a los usuarios si estos realizan posiciones incorrectas a la hora de desarrollar sus ejercicios, así como otros escenarios tales como una obra o almacén donde se informe a los operarios de posiciones incorrectas a la hora de transportar materiales.

Durante el desarrollo del proyecto se han ido identificando nuevas posibilidades que mejorarían o complementarían el sistema desarrollado, hasta el momento consideramos especialmente las siguientes:

- La integración con nuevos tipos de sensores para, de esta manera, abarcar más áreas de reconocimiento y añadir precisión al sistema.
- El autocalibrado de los sensores, que permitirá un considerable ahorro de tiempo en el despliegue del sistema, así como evitar los errores humanos surgidos durante dicho proceso, y aumentar la precisión en la recogida de datos.
- El reconocimiento unívoco mediante el reconocimiento facial del usuario.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha estado parcialmente financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad / FEDER a través de los proyectos de referencia TIN2010-20845-C03-01, TIN2012-34003 y TIN2013-47074-C2-1-R. También queremos agradecer las sugerencias de la RedAUTI (Red Temática en Aplicaciones y Usabilidad de la Televisión digital Interactiva, 512RT0461).

7. REFERENCIAS

- [1] NaturalPoint, "OptiTrack," [Online]. Available: <http://www.naturalpoint.com/optitrack/>.
- [2] "Kinect for Windows," [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>.
- [3] "Kinect for Xbox 360," [Online]. Available: <http://www.xbox.com/es-ES/Kinect>.
- [4] M. Oliver, J. P. Molina, F. Montero, P. González and A. Fernández-Caballero, "Wireless Multisensory Interaction in an Intelligent Rehabilitation Environment," in *ISAmI 2014*, 2014.
- [5] C.-Y. Chang, B. Lange, M. Zhang, S. Koenig, P. Requejo, N. Somboon, A. A. Sawchuk and A. A. Rizzo, "Towards Pervasive Physical Rehabilitation Using Microsoft Kinect," in *6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*, 2012.
- [6] S. Obdrzalek, G. Kurillo, F. Ofli, R. Bajcsy, E. Seto, H. Jimison and M. Pavel, "Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population," in *34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, San Diego, CA; United States, 2012.

Testing Open-Source Implementations for Detection Response Tasks

Michael Krause, Antonia Conti, Moritz Späth, Klaus Bengler
Technische Universität München, Institute of Ergonomics
Boltzmannstr. 15, 85747 Garching, Germany
{krause,conti,spaeth,bengler}@lfe.mw.tum.de

ABSTRACT

Open-Source variants of Detection Response Task (DRT) were implemented on an Arduino board and Android smartphone. These systems were tested in an experiment under single task (only the DRT), double task (DRT + driving simulation), and triple task conditions (DRT + driving simulation + 2-back cognitive task). All DRT variants reflected different task set load, nevertheless, the smartphone setup exhibited lower internal correlations and in one condition failed to reach significance.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces—*ergonomics, evaluation/methodology, theory and methods*

General Terms

Experimentation, Human Factors

Keywords

Detection Response Tasks, DRT, Tactile, Visual, Open Source

1. INTRODUCTION

The Detection Response Task (DRT) method is sensitive to differences in task load [1, 2, 4, 5, 6] and are currently being standardized (ISO/CD 17488). The basic concept of the DRT is that a subject has to react as quickly as possible to a randomly recurring stimulus. Stimuli are often either tactile, where the signal is delivered by a vibrating motor (a.k.a. Tactile DRT or TDRT), or visual, where the signal is delivered by an LED mounted to the head of the test subject (Head mounted DRT or HDRT). The main results of the DRT are hit rates and reaction times (RT) of the test subjects per task condition. The reaction times to the DRT are slower if the subject experiences workload caused by a task under evaluation. In very cognitively demanding conditions, the test subjects are more likely to stop performing the DRT and, therefore, stop reacting to presented signals. Thus, the DRT is performed in addition to another task or other tasks in combination. A typical scenario would be the assessment of an in-vehicle information system (IVIS). Since the system is used while driving, the DRT would include the following task combination, which results in a triple task setting: driving a car and operating

the IVIS while performing the measurement task (viz. DRT). In this study, three DRT systems were evaluated through a within-subjects design. The comparison of the two open-source DRT systems are discussed in this paper. Former studies by different laboratories typically used custom-made DRT systems and exchanged hardware between each other on request. With this paper, we propose a new, open source approach to DRT hardware. Information on the background and hardware of these systems (e.g. schematics) can be found online and the software has been released as open source.

2. METHOD

2.1 Systems

Both systems randomly issued a stimulus every 3-5 seconds (signal onset to signal onset). Signals were active for 1 second or until button press. Only the RTs of hits were analyzed. Responses between 100 ms and 2500 ms post stimulus onset were registered as hits.

2.1.1 System 1 - Arduino

This DRT is an open source implementation on an Arduino Uno¹. Data is logged directly onto an SD card, eliminating the need of an extra computer to run this task. A computer connected via USB or Ethernet receives status messages from the Arduino, without real-time constraints. The advantage of this open source implementation is the accurate interrupt-based measurement on the Arduino, which arguably outweighs the disadvantage of having to construct the physical system itself.

The motor used for the vibrating stimulus was from an old mobile phone (Alcatel One Touch Easy 302). The vibration frequency was around 115 Hz. A piezo sensor connected to the motor measured around 6-7 m/s². The motor was attached to the left shoulder of the test subjects by medical tape. The visual stimulus was attached to the head of the persons with a cap (see Fig.1). Figure 2 shows how the micro switch was attached and fastened to the left index finger. To respond, participants pressed their index finger against the steering wheel.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference'10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

¹ Further information and the source code for this Arduino implementation can be retrieved from:
<http://www.lfe.mw.tum.de/arduino-drt>

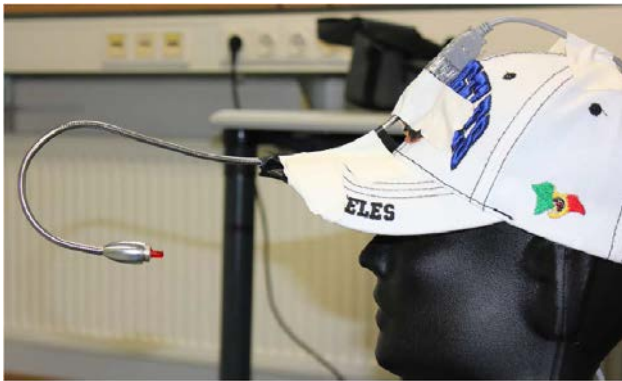


Figure 1. HDRT



Figure 2. Response button attached to left index

2.1.2 System 2 - Smartphone

The open source Java implementation on an Android smartphone² is a simple implementation with the advantage of fully integrated hardware (e.g. vibrating motor, display, WiFi, SDcard). The disadvantages are a non-realtime system with timing inaccuracies. As can be seen in Figure 3 in this setup the vibrating and visual stimuli are applied by a smartphone (Samsung S5830, Android 2.3.6, brightness full on) mounted on the steering wheel. The test subjects react by tapping on the touch screen. Since this system is dissimilar from the other "traditional" DRT setups, we refer to it as Mobile Detection Task (MDT) setup rather than DRT. To prevent unintentional actuation, some parts of the phone were covered with plastic shields.

For the tactile stimulus, the test subjects held a part of their hand to the side of the smartphone and responded with their thumb.

The smartphone vibrated around 225 Hz and has, on most locations of the housing, a strength of about 7-15 m/s². For the visual stimulus, the complete display changed from gray to red for the signal duration.

² Further information and source code for the smartphone implementation can be retrieved from:
<http://www.lfe.mw.tum.de/mdt>



Figure 3, Smartphone mounted to the steering

2.2 Conditions

The results reported in this paper are based on three experimental conditions:

- **Single** In this baseline condition the participant performed the DRT alone. Thus, we refer to it as single task condition.
- **Double** In this condition, the participant performed the DRT together with a driving task; a dual-task condition. The driving scenario simulated a straight highway drive with a carfollowing paradigm. Participants were to follow a car travelling at 80 km/h.
- **Triple** The triple task condition involved the same tasks as per the dual-task with the addition of the 2-back task. The n-back task [3] have been used in many DRT studies. In this task, the participant is to repeat a number that was said "n" steps prior to the current number. This task places demands on working memory and can be considered a surrogate task for a cognitively loading in-vehicle task

All conditions were performed for 1 minute each.

2.3 Procedure

The experimental procedure was a within-subjects design. DRT system order was randomized across participants. The experimental setup included some further conditions (LEDs in different distances to the test subject and a vibrating motor at the wrist) as well as a third proprietary system (realized with a USB breakout board). As these conditions are beyond the scope of the current paper, they will not be further discussed.

After completing a demographic questionnaire and signing a consent form, the subjects were trained on the n-back task. When they felt comfortable, they were trained on the operation of the visual and tactile DRT, and then on the driving task. The last step in the training was the practice of the triple task setting.

All subjects participated in the experiment on a voluntary basis and received no compensation. The experiment lasted up to and around 1 hour.

2.4 Participants

In this experiment, 36 subjects participated on a purely voluntary basis. (50% male, 50% female). The average age was 22 years (SD = 3 years).

3. RESULTS & DISCUSSION

The following results are based on individual means. For each participant, an individual mean RT and hit rate were calculated per condition, and then averaged across the group. These values were then further processed and graphed in the following Figures.

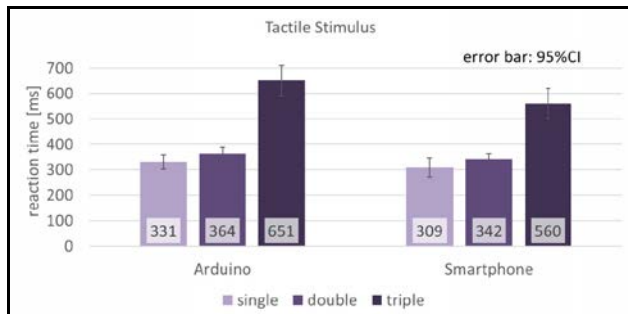


Figure 4. Reaction times for tactile stimulus presentation on both systems

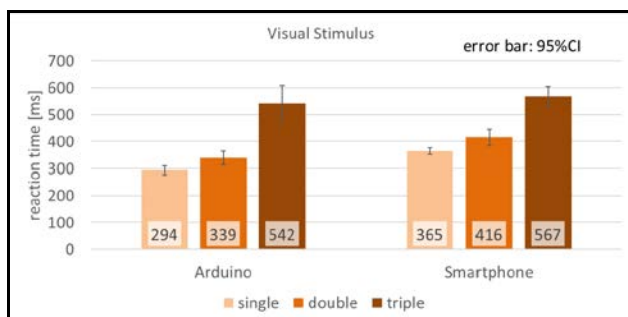


Figure 5. Reaction times for visual stimulus presentation on both systems

Figure 4 (tactile) and Figure 5 (visual) show the mean reaction times for the three conditions (single, double, triple). In Figure 6, it can be seen that the hit rates (i.e. hits divided by presented stimuli) are above 90% for each condition. Therefore, only the reaction times are further discussed. The difference between the baseline (single) condition and the double condition is smaller than the difference between double and triple. This can be seen for both systems. The difference in the visual baseline condition between Arduino and the smartphone could possibly be related to a systematical measurement inaccuracy³.

The standardized effect size for the RTs between the condition single/double and double/triple is shown in Figure 7. The effect size from single to double is around 0.5 and from double to triple around 1.5-2.0 (Figure 7); the visual setups have a greater effect size from single to double than the tactile setups. This seems plausible as the additional workload (driving) relies heavily on resources from the same domain (visual). Therefore, such an interference is likely.

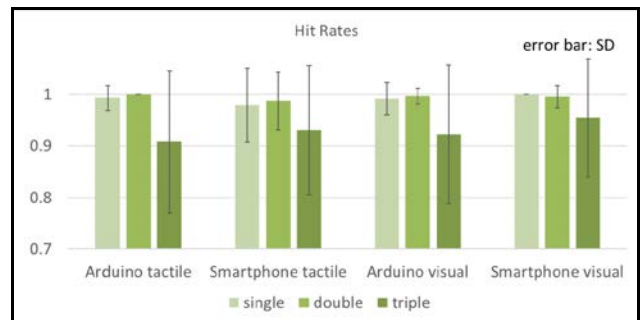


Figure 6. Hit rates for both systems and the three conditions

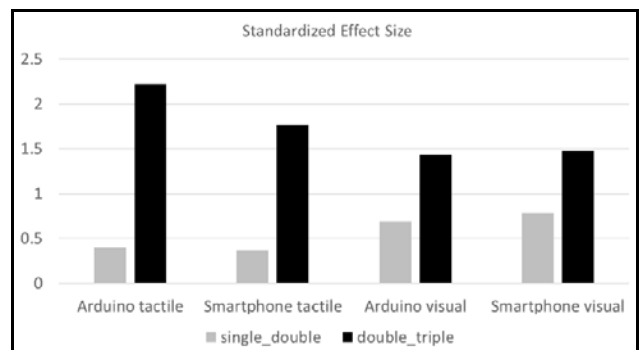


Figure 7. Standardized effect size for reaction times between single/double and double/triple condition

For Figure 8, paired sample one-tailed t-tests were calculated between the reaction times of conditions single/double and double/triple. The results are plotted logarithmic with inversed axis. Therefore, a higher bar indicates higher significance. Except for one t-test, all were significant ($p < 0.05$). Only the tactile smartphone setup reported no significant result between single and double ($p=0.052$). In general, the smartphone setup reports probabilities that are one or two orders of magnitude greater (i.e. smaller bar) than the established setup. In sum, it seems the used smartphone setup is less sensitive to detect small differences in the reaction time.

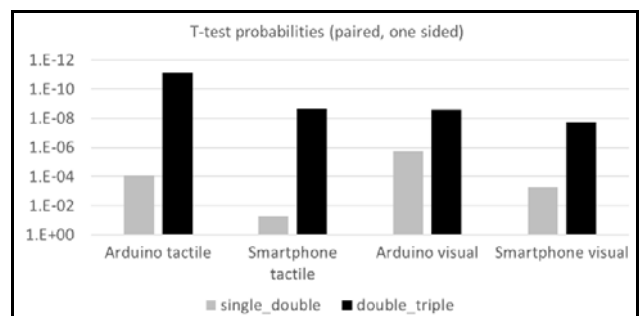


Figure 8. T-test results between single/double and double/triple condition

Figure 9 shows the correlation coefficients (r) between the reaction times of the conditions single to double and double to triple. These indicate how consistent the reaction times speed (i.e., if a test person reacted quickly in the double condition, whether he or she continued to react quickly in the triple task condition). Overall, the reaction times with the smartphone show a weaker correlation (except for tactile, double to triple). For the Arduino, from the double to triple condition the correlation also decreases

³ Further information and source code for the smartphone implementation can be retrieved from: <http://www.lfe.mw.tum.de/mdt>

for the tactile mode. As can be seen in Figure 6, the hit rate for the triple condition with tactile stimulus on the Arduino is a little bit lower than for the triple condition with visual stimulus on Arduino. Additionally, Figure 7 shows an effect size of 1.4 (Arduino, triple, visual) and 2.2 (Arduino, triple, tactile) for a longer RT. Together, these could indicate a more demanding condition.

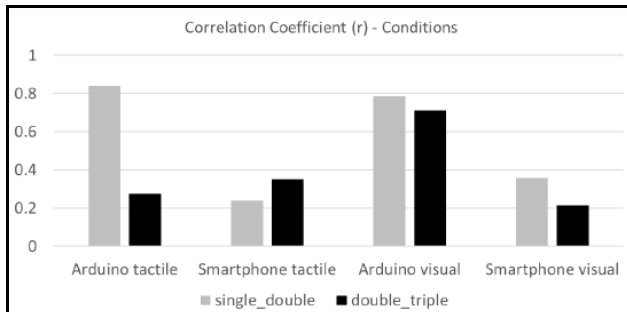


Figure 9. Correlation between reaction time in single/double and double/triple condition for the same system

For Figure 10 the correlations of the reaction times for the same condition but between the both systems are calculated and plotted in ascendant order. The single and triple conditions show only weak correlations. The moderate additional workload (driving) in the double condition increases the correlation between very different systems.

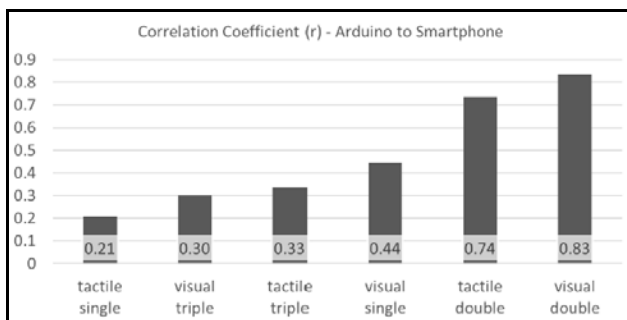


Figure 10. Correlation between reaction times on different systems in same condition

It is possible that, the correlation between low demanding conditions for one system (single to double, Figure 9) can be used in DRTs as a quality metric of a system or experiment (i.e., Arduino: high quality setup, Smartphone: low quality setup) and the later decrease of correlation (double to triple, Arduino tactile) as indication of a highly loading situation.

4. CONCLUSION & OUTLOOK

The smartphone setup (on the steering wheel) showed in general similar results as the established DRT setup, however, with a lower significance level. Regarding the small difference in RTs between the single and double conditions, the tactile smartphone setup was not sensitive enough. We choose the smartphone setup to use the integrated hardware (vibrator and touch screen). In this setup, the vibration and visual stimuli are not attached directly to the participants and so the exposure can vary and is uncontrollable.

For the next experiments, an external response button will be connected to the smartphone. This would make it possible to separate the stimulus presentation and response location and, therefore, be able to attach this DRT as per the classical DRT setup. This will allow us to evaluate if the new smartphone setup has an improved data quality.

5. REFERENCES

- [1] J. Engström, N. Åberg, E. Johansson, and J. Hammarbäck. Comparison between visual and tactile signal detection tasks applied to the safety assessment of in-vehicle information systems. In *Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, pages 232–239, Iowa City, USA, 2005.
- [2] G. Jahn, A. Oehme, J. F. Krems, and C. Gelau. Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3):255–275, May 2005.
- [3] B. Mehler, B. Reimer, J. F. Coughlin, and J. a. Dusek. Impact of Incremental Increases in Cognitive Workload on Physiological Arousal and Performance in Young Adult Drivers. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2138:6–12, Dec. 2009.
- [4] N. Merat and A. H. Jamson. The Effect of Stimulus Modality on Signal Detection: Implications for Assessing the Safety of In-Vehicle Technology. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(1):145–158, Feb. 2008.
- [5] S. Olsson and P. Burns. Measuring driver visual distraction with a peripheral detection task. Retrieved January 1, 2013 from <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/HumanFactors/driver-distraction/PDF/6.PDF>, 2000.
- [6] W. van Winsum, M. Martens, and L. Herland. *The Effects of Speech Versus Tactile Driver Support Messages on Workload Driver Behaviour and User Acceptance: TNO-Report, TM-99-C043*. TNO Human Factors Research Institute, 1999.

Sistema Inalámbrico de Realidad Virtual basado en un Conjunto Mínimo de Sensores

Ernesto de la Rubia
Dep. de Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga
Málaga, España
34-952 13 71 80
ernestodelarubia@uma.es

Antonio Diaz-Estrella
Dep. de Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga
Málaga, España
34-952 13 27 31
adiaz@uma.es

RESUMEN

Interactuar con todo el cuerpo al utilizar sistemas de Realidad Virtual supone importantes ventajas en cuanto a la implicación y satisfacción del usuario. Este artículo presenta el proyecto en curso Orión que tiene como objetivo diseñar, desarrollar y evaluar un sistema de Realidad Virtual inalámbrico basado en un conjunto mínimo de sensores inerciales. Este sistema permitirá interacción manual directa así como desplazarse físicamente para navegar por el entorno virtual.

Tras describir sistemas similares, se presentan los objetivos del proyecto y se identifican los retos a superar. A continuación se expone el trabajo realizado, los resultados de las pruebas y las tareas que quedan por realizar.

Categorías y Temas de Interés

H.5.1 [Interfaces de información y presentación]: Sistemas de información multimedia – realidad artificial, virtual y aumentada.

Términos Generales

Algorithms, Design.

Keywords

Sensores inerciales, procesado de señal, trackers, Realidad Virtual, interacción natural, inmersión, presencia.

1. INTRODUCCIÓN

La Realidad Virtual no es una tecnología nueva. Durante más de 25 años de esfuerzo continuado en investigación y desarrollo, esta tecnología no está aún presente en nuestras vidas cotidianas. Sorprende el hecho de que a pesar de este fracaso, la Realidad Virtual sigue siendo una línea de trabajo activa tanto en centros de investigación como en empresas. El motivo de la falta de éxito se encuentra en las carencias de la tecnología para estimular satisfactoriamente nuestros sentidos y en el elevado coste de los dispositivos que este hecho provoca. Por otra parte, el motivo de que la Realidad Virtual no desaparezca a pesar de estos problemas, es el inmenso potencial que hay tras esta tecnología. El potencial

de adquirir cualquier conocimiento, de vivir cualquier experiencia y disfrutar sin límite de todo cuanto seamos capaces de imaginar.

Este artículo presenta el proyecto Orión: One more step in virtual reality interactiON [4], [7] y los avances realizados hasta el momento. Se trata de un proyecto en curso que tiene el objetivo de ir un paso más allá en interacción y Realidad Virtual, diseñando e implementando un sistema capaz de proporcionar experiencias virtuales altamente satisfactorias al tiempo que se minimiza el coste del mismo.

El sistema emplea un casco de Realidad Virtual (HMD, Head Mounted Displays) por ser el único dispositivo capaz de generar una pantalla virtual que envuelve al usuario sin imponer restricciones de movimiento. Además se utiliza un conjunto mínimo de sensores para mejorar la ergonomía y minimizar costes. Estos sensores permiten que el usuario pueda interactuar de forma directa empleando únicamente las manos y desplazarse físicamente sin ninguna limitación.

Se han desarrollado sistemas similares con anterioridad. [2] utiliza un HMD conectado a un ordenador portátil que se coloca en una mochila. El usuario puede andar físicamente en una sala para desplazarse por el entorno virtual. Esta técnica se denomina Navegación Natural. La posición de la cabeza queda registrada por un sistema de tracking óptico cuya exactitud y resolución están por debajo de 1mm.

En [15] se emplea un planteamiento equivalente y se amplía el área de tracking a 28.5x20.1m utilizando instalaciones deportivas. El aumento del área contribuye a aliviar las restricciones de movimiento. Sin embargo, da lugar a una pérdida sustancial de exactitud (6.68cm) y de resolución (0.44cm).

En [1] se presenta la evolución del trabajo anterior. En este caso se sustituye el sistema de tracking óptico por sensores inerciales colocados sobre los zapatos a partir de los que se estima la posición de los pies, y en segunda instancia, de la cabeza.

La interacción corporal completa tiene un papel crucial en las experiencias virtuales [13]. Contribuye a que el usuario olvide el mundo real y los dispositivos del sistema que resultan, con frecuencia, incómodos. Aumenta además la implicación del usuario en la experiencia virtual y la satisfacción.

Ninguno de los sistemas anteriores permite interacción manual directa. Recientemente la empresa XSens ha combinado su traje de captura de movimiento corporal MVN Awinda basado en sensores inerciales inalámbricos con el HMD Oculus Rift y el motor de videojuegos Unity3D. El resultado es un espectacular sistema inmersivo, interactivo y multiusuario que permite manipulación directa y navegación natural [16].

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

El proyecto en curso Orión que se presenta en este artículo, propone un sistema alternativo a [16] en el que se minimiza el número de sensores inerciales. De este modo, se reducen costes y se mejora el sistema desde el punto de vista de la ergonomía. También para mejorar la ergonomía, se propone la sustitución de los ordenadores portátiles que se colocan en las mochilas, por sistemas inalámbricos de transmisión de video de alta resolución en tiempo real. Esto supone una reducción aproximada de peso de 6 Kg con respecto a los sistemas presentados y contribuye además a aumentar la autonomía del sistema.

La sección 2 hace una descripción del sistema propuesto. La sección 3 plantea los retos a los que se enfrenta el proyecto. La sección 4 describe el trabajo realizado y pendiente. Finalmente, se exponen las conclusiones en la sección 5.

2. SISTEMA OBJETIVO

El proyecto Orión tiene como objetivo diseñar, implementar y evaluar un sistema de Realidad Virtual que proporcione: Navegación natural, manipulación directa, visión estereoscópica y sonido 3D. Todo ello minimizando el coste del sistema. Este es uno de los motivos por los que se emplean sensores inerciales. Estos sensores se caracterizan por tener un reducido coste y tamaño. Además, no necesitan una infraestructura de soporte que proporcione referencias para tomar medidas como por ejemplo, los sistemas de tracking óptico. Esto redundaría en una reducción del coste global del sistema. La ergonomía, es otro aspecto clave a tener en cuenta. Es esencial para proporcionar experiencias virtuales de calidad el contar con un sistema que no resulte excesivamente molesto.

Para satisfacer los requisitos se propone el esquema de la figura 1:

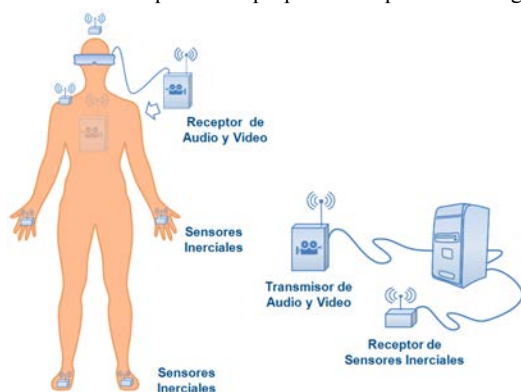


Figura 1. Componentes del sistema propuesto.

Los sensores inerciales colocados en los pies se utilizarán para estimar la posición y orientación de cada uno. A partir de estos datos, se estimará la posición de la cabeza. La información del punto de vista se completará con la orientación de la cabeza que se registra con un sensor específico colocado en el HMD. Un sensor inercial adicional colocado sobre el cuerpo permitirá desacoplar la dirección del cuerpo de la dirección de la cabeza. Finalmente, será posible interactuar con las manos colocando un sensor inercial sobre cada una.

Los movimientos del usuario, registrados con los sensores inerciales, se envían al ordenador principal donde se aplican los algoritmos de tracking y se generan las imágenes asociadas a las acciones del usuario. Estas imágenes junto con el sonido correspondiente, se envían en tiempo real a través del enlace de video inalámbrico y finalmente se muestran en el HMD.

En [3] se listan los resultados de 86 estudios en los que se determina comparativamente qué componentes de los sistemas de Realidad Virtual inmersivos contribuyen a aumentar el nivel de presencia. El planteamiento del sistema propuesto por Orión permite utilizar una amplia mayoría de estos componentes como por ejemplo, HMD con tracking de orientación, visión estereoscópica, sonido 3D, entorno virtual inmersivo, reproducción del sonido de pisadas, libertad de movimiento y tracking corporal. Se obtiene así un sistema con un enorme potencial para proporcionar experiencias virtuales altamente satisfactorias.

La importancia de minimizar el número de sensores empleados no debe pasar desapercibida. Además del ahorro debido al coste de los sensores, esta reducción tiene importantes ventajas ergonómicas. Orión comenzó aplicando soluciones similares a las utilizadas por los sistemas MVN Awinda de XSens o PrioVR de YEI Technology. Sin embargo, utilizar un traje o cintas elásticas para fijar los sensores puede resultar incómodo. Por ello, se reorientó el enfoque de Orión para usar únicamente un sensor por extremidad que puede ser fácilmente colocado en cada zapato y en las muñecas a modo de reloj de pulsera. Como contrapartida aparecen limitaciones que afectan al modo en el que el usuario puede interactuar que se tratarán en la siguiente sección.

El HMD utilizado es el modelo Oculus Rift (primer kit de desarrollo) de Oculus Virtual Reality. Los sensores inerciales corresponden al modelo InertiaCu be 3 Wireless de Inter sense. El módulo de transmisión de video de alta resolución y baja latencia utilizado en Orión corresponde a una versión previa del modelo que actualmente comercializa Sensics [12].

Una vez presentados los objetivos y los componentes del sistema, es necesario identificar los retos a superar durante su desarrollo.

3. DIFICULTADES A SUPERAR

A continuación se describen brevemente los retos identificados:

Uso de magnetómetros en interiores: Los sensores inerciales estiman la orientación utilizando acelerómetros y giroscopios. Sin embargo sufren errores de deriva al estimar el giro respecto al eje vertical. Por este motivo, también incluyen habitualmente magnetómetros que utilizan el campo magnético de la tierra para medir este giro. Sin embargo, su uso en interiores se desaconseja ya que el campo magnético terrestre es muy débil y sufre fuertes distorsiones en interiores. En consecuencia, al usar sensores inerciales en interiores, cabe esperar un error de deriva en la orientación respecto al eje vertical o bien, un error importante debido a la distorsión de campo magnético.

Latencia: En sistemas basados en HMD, la latencia es el tiempo que transcurre desde que el usuario mueve la cabeza hasta que el sistema le presenta la imagen correspondiente a este movimiento. Valores de latencia superiores a 16ms degradan la calidad de la experiencia virtual y aumentan las probabilidades de sufrir cibermareo [8]. La latencia del Oculus Rift está entre 30 y 50ms [9]. Los sensores inerciales introducen un retardo adicional de al menos 6ms. La versión utilizada en Orión del sistema de transmisión de video inalámbrico de Sensics, añade además 30ms. En total el sistema propuesto tiene una latencia aproximada de 75ms. Cantidad muy superior al valor límite de 16ms necesario para un buen funcionamiento. La versión actual del sistema de video inalámbrico consigue reducir la latencia de 30 a 1ms [12]. La segunda versión del kit de desarrollo de Oculus Rift también reduce la latencia. A pesar de todo, el límite de 16ms continúa

siendo inalcanzable incluso para la tecnología más actual. Para compensar el efecto de la latencia se pueden aplicar técnicas de predicción al tracking de orientación aunque éstas introducen errores adicionales [9].

Estimar la posición de los pies: A partir de la aceleración y de la orientación que proporcionan los sensores inerciales colocados en los zapatos, es necesario estimar en tiempo real la posición de los pies cuando el usuario se desplaza en cualquier dirección (pasos frontales, laterales y hacia atrás).

Estimar la posición de la cabeza: A partir de la estimación de la posición de cada pie, se debe estimar la posición de la cabeza. Esto es necesario para actualizar la posición del punto de vista en el entorno virtual. Esta estimación debe realizarse en tiempo real para todo tipo de pasos. Además, debe incorporar las oscilaciones que describe la cabeza al andar. Éstas hacen que durante la marcha, la cabeza del usuario se desplace en sentido vertical, transversal y también en el sentido de la marcha.

Estimar la velocidad de la cabeza: Durante la marcha, la cabeza se desplaza a una velocidad que oscila ligeramente en torno a un valor constante. Para obtener buenas sensaciones al andar en el mundo virtual, es necesario replicar este comportamiento. La aplicación directa del movimiento de los pies a través de un promedio no es una solución aceptable ya que cuando los dos pies están en contacto con el suelo, ambos tienen una velocidad próxima a cero y esto daría lugar a valores de la velocidad de la cabeza próximos también a cero. Además la solución que se proponga debe ser válida con independencia de la cadencia y de la longitud de los pasos.

Controlar el error de deriva en la posición: Los errores que se cometen al estimar la posición, se acumulan y crecen con el tiempo debido a que la posición actual se estima a partir de la anterior (dead reckoning). Dependiendo del uso que se dé al sistema, puede ser necesario controlar este error de deriva, por ejemplo en el caso de funcionamiento multiusuario. Para resolver este problema es posible utilizar un sistema muy simple de tracking óptico ya que la exactitud requerida no es muy elevada. Pueden bastar varias decenas de centímetros.

Sincronizar las direcciones del cuerpo y de la cabeza: Al andar es necesario distinguir entre la dirección de la cabeza y la dirección del cuerpo. Sin embargo, como se ha descrito en la sección anterior, los sensores inerciales tienen problemas para medir el giro respecto al eje vertical en interiores. Por tanto el error de deriva podría llegar a provocar, por ejemplo, un desplazamiento hacia atrás cuando el usuario espera avanzar. Es por tanto necesario, controlar este error cuando el sistema no se va a utilizar durante intervalos de tiempo reducidos. Un problema similar se identifica en [10].

Necesidad de un espacio despejado: El mayor inconveniente del planteamiento descrito es sin duda la necesidad de un área despejada en la que el usuario pueda desplazarse sin riesgo de colisión. Esta restricción puede aliviarse utilizando técnicas de redirección (redirect walking) [11] o explotando las posibilidades que ofrece el mapeo entre el mundo real y el virtual [14].

Estimación de orientación y posición de las manos: El tracking de manos a partir de un sensor inercial, supone un desafío aún mayor que el caso de los pies. La aceleración, es en general, menos intensa al interactuar con las manos que al caminar. Por otra parte, los pies sólo están en movimiento durante pequeños intervalos de tiempo. Este hecho supone una gran ventaja ya que permite controlar la deriva en la velocidad y corregir las

estimaciones previas de posición (zero velocity update). Sin embargo, es frecuente que las manos estén moviéndose durante intervalos de tiempo mucho mayores que los pies. Esto tiene consecuencias nefastas al estimar la posición de las manos. Por otra parte detectar las fases de reposo es mucho más complejo en el caso de las manos. Esto se debe a que los pies, durante su movimiento, cambian continuamente de orientación. En el caso de las manos no puede asumirse este comportamiento. Por otra parte, el movimiento a velocidad uniforme es indistinguible del reposo. Por tanto, la detección de falsos reposos es mucho más probable en el tracking de manos que en el de pies ya que pueden moverse a velocidad constante sin cambiar de orientación.

4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Para abordar parte de los retos planteados y desarrollar un primer prototipo del sistema objetivo, se propone la siguiente estructura de módulos de la figura 2:

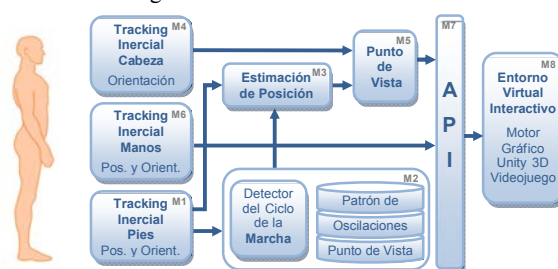


Figura 2. Módulos del sistema propuesto.

A partir de la estimación de posición de los dos pies (M1) se calcula la posición de la cabeza (M3) y el porcentaje del ciclo de la marcha (M2). Este porcentaje se utiliza para obtener la oscilación tridimensional que se añade a la posición estimada del punto de vista (M3). La información de este punto de vista (M5), se completa con la orientación del sensor inercial colocado en el HMD (M4). De modo independiente se estima la posición y orientación de cada mano que junto con los datos del punto de vista se integra en una librería de vínculos dinámicos (DLL) que puede usarse desde motores gráficos o aplicaciones para Windows.

El algoritmo de tracking de pies se ha implementado usando filtrado de Kalman y la técnica propuesta en [6] que consigue mejorar la precisión de la estimación.

El algoritmo de tracking de manos también utiliza filtrado de Kalman. La aplicación de la técnica propuesta en [6] se está evaluando sin que por el momento se hayan obtenido resultados concluyentes. Para resolver, los problemas de deriva del tracking de manos, el usuario tiene que hacer movimientos partiendo de una posición de reposo inicial. Estos movimientos no deben extenderse en el tiempo más allá de dos segundos. La mano tiene que volver a la posición inicial tras cada movimiento. Este paradigma de interacción rápida es muy restrictivo pero sin embargo puede resultar efectivo para interactuar en entornos virtuales. Permite por ejemplo pulsar botones o abrir y cerrar puertas.

Para desarrollar ambos algoritmos de tracking se ha utilizado la herramienta presentada en [5] que permite la representación en dos y tres dimensiones de las señales capturadas por los sensores.

Con los módulos desarrollados, se han realizado pruebas de navegación (figura 3) y de interacción manual directa (figura 4). En relación a la navegación natural, se ponen de manifiesto los

errores del sistema al acercarse a los objetos llegando a producir en ocasiones mareo (cibermareo). Es necesario resolver el problema de la sincronización de direcciones que puede comenzar a ser apreciable tras varias decenas de segundos. También se aprecia claramente la necesidad de hacer uniforme la velocidad del punto de vista. La implementación directa mediante promediado de la posición de los pies, da lugar a una velocidad de la cabeza que cambia en exceso.



Figura 3. Pruebas de navegación natural.

Para evaluar el paradigma de interacción rápida se crea un videojuego en el que el usuario tiene que pulsar un botón ubicado frente a él. En ese momento un cañón dispara una esfera en dirección al usuario que tiene que empujarla dirigiéndola hacia una pila de cajas con el objetivo de derribarlas. Los primeros resultados son prometedores. Los errores de deriva se aprecian rápidamente pero no impiden interactuar y disfrutar de la experiencia.



Figura 4. Pruebas del sistema de tracking de manos.

Actualmente se están abordando las siguientes tareas: Sincronización de direcciones de la cabeza y del cuerpo; hacer uniforme la velocidad del punto de vista; representar el avatar del usuario en el entorno virtual utilizando cinemática inversa; permitir el funcionamiento multiusuario; evaluar otros sensores inerciales más económicos y considerar la inclinación del cuerpo a través del sensor colocado sobre el hombro para actualizar la posición del punto de vista.

5. CONCLUSIONES

Se ha presentado el planteamiento y el trabajo realizado en el proyecto en curso Orión. También se han señalado las mayores dificultades detectadas para su desarrollo. Algunas relacionadas con la tecnología, admiten poco margen de acción como la elevada latencia de los sistemas actuales o las limitaciones de uso de magnetómetros en interiores. Otras en cambio, constituyen líneas de interés para investigación como la sincronización de direcciones de sensores inerciales para evitar la deriva o el tracking de manos basado en tecnología inercial.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Junta de Andalucía y por el proyecto CENIT España Virtual liderado por Elecnor Deimos dentro del programa Ingenio 2010.

7. REFERENCIAS

- [1] Bachmann, E.R., Zmuda, M., Calusdian, J., Yun, X., Hodgson, E. and Waller, D. 2012. Going anywhere anywhere: Creating a low cost portable immersive VE system. In Proceedings of CGAMES'2012 USA, 108-115.
- [2] Bruder, G., Steinicke, F. and Hinrichs, K.H. 2009. Arch-explore: A natural user interface for immersive architectural walkthroughs. In 3DUI - IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2009 - Proceedings, 75-82.
- [3] Cummings, J.J., Bailenson, J.N. and Fidler, M.J. 2012. How Immersive is Enough?: A Foundation for a Meta-analysis of the Effect of Immersive Technology on Measured Presence. Proc. of the International Society for Presence Research Annual Conference.
- [4] de la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2013. ORION: One More Step in Virtual Reality Interaction. In New Trends in Interaction, Virtual Reality and Modeling. V. Penichet, A. Peñalver and J.A. Gallud, Eds. Springer London, 45-61.
- [5] de la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2013. Analizador de señales inerciales para tracking de pies y manos. Proc. of Interacción 2013. Madrid (Spain), 91-94.
- [6] de la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2013. Improved pedestrian tracking through Kalman covariance error selective reset. Electronics Letters 49, 488-490.
- [7] de la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2014. Orion: One more step In virtual reality interaction. <http://www.diana.uma.es/orion/>
- [8] Keller, K. and Colucci, D. 1998. Perception in HMDs: What is it in head mounted displays (HMDs) that really make them all so terrible? In Proceedings of SPIE, 46-53.
- [9] Lavalle, S. 2013. The Latent Power of Prediction. <http://www.oculusvr.com/blog/the-latent-power-of-prediction>.
- [10] Molina, J.P., García, A.S., Martínez, J. and González, P. 2013. A Low-Cost VR System for Immersive FPS Games. In Actas del I Simposio Español de Entretenimiento Digital, SEED 2013, Madrid, 119-130.
- [11] Razzaque, S., Kohn, Z. and Whitton, M.C. 2001. Redirected walking. In Proc. of EUROGRAPHICS, Citeseer, 105-106.
- [12] Sensics. Low-Latency, HD1080 Wireless Video Link. <http://sensics.com/additional-options-2/low-latency-hd1080-wireless-video>
- [13] Slater, M., Lotto, B., Arnold, M.M. and Sanchez-Vives, M.V. 2009. How we experience immersive virtual environments: The concept of presence and its measurement. Anuario de Psicología 40, 193-210.
- [14] Suma, E.A., Lipps, Z., Finkelstein, S., Krum, D.M. and Bolas, M. 2012. Impossible spaces: Maximizing natural walking in virtual environments with self-overlapping architecture. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 18, 555-564.
- [15] Waller, D., Bachmann, E., Hodgson, E. and Beall, A.C. 2007. The HIVE: A huge immersive virtual environment for research in spatial cognition. Behavior Research Methods.
- [16] XSens. 2014. Multi-person full-body immersive VR made easy. <http://www.xsens.com/press-releases/multi-person-full-body-immersive-vr-made-easy>.

COMPARATIVO ENTRE OS TEMPOS DE VISUALIZAÇÃO PARA OPERAR DISPOSITIVOS COM INTERFACES FÍSICAS E DISPOSITIVOS COM DISPLAYS SENSÍVEIS AO TOQUE EM AUTOMÓVEIS

Rafael Silva Duarte
PGDesign
Osvaldo Aranha, 99/409.
Porto Alegre – RS.Brasil.
+555133084261
raffael23@gmail.com

Branca Freitas de Oliveira
PGDesign
Osvaldo Aranha, 99/409.
Porto Alegre – RS.Brasil.
+555133084261
branca@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho mede e compara os tempos de visualização necessários para um usuário executar uma tarefa secundária em diferentes interfaces, enquanto dirige um automóvel em uma simulação. O simulador foi construído utilizando um videogame e acessórios como volante, pedais e câmbio. Enquanto dirigem em uma rota pré-determinada, os usuários devem executar uma lista de três tarefas secundárias: ligar o rádio, mudar estação e aumentar o volume. Os testes foram realizados com três dispositivos diferentes: um rádio automotivo convencional, uma cópia virtual touchscreen desse, e mais uma segunda versão virtual, também sensível ao toque, mas com layout diferenciado. Os testes foram realizados com 21 pessoas, entre 18 e 72 anos. Cada participante foi testado utilizando os três layouts em condições simuladas semelhantes. E, enquanto eram testados, eles também eram filmados. A seguir, cada vídeo foi analisado para determinar o tempo que cada usuário desviou o olhar do monitor principal para realizar as tarefas secundárias. Os resultados obtidos foram comparados a fim de determinar o impacto que a substituição de dispositivos convencionais por aparelhos com tecnologias touchscreen têm na atenção dos motoristas.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION]:
User Interfaces: *Input devices and strategies, evaluation/
methodology, screen design, interaction styles.*

General Terms

Experimentation. Design. Human Factors.

Palavras-chaves

Tecnologias touchscreen, interfaces automotivas, tempo de visualização.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia touchscreen permite que usuários utilizem a tela de um dispositivo como um painel de comando, usando-a para inserir dados no produto. O sistema de toque é um design de interface entre o produto e o usuário, permitindo que o consumidor comande esse produto de forma intuitiva, interagindo com os elementos conforme eles aparecem na tela. A invenção da tecnologia é creditada a Sam Hurst, que desenvolveu uma tela para digitalização de dados chamada de Elograph, enquanto trabalhava na Universidade de Kentucky, Estados Unidos.

Porém, apesar de já ter sido empregada em alguns dispositivos anteriormente, a tecnologia apenas se difundiu entre o público após o lançamento do iPhone, pela Apple. O smartphone foi comercializado em junho de 2007 e, até o final de 2010, havia vendido 90 milhões de unidade, respondendo por metade dos lucros do ramo de aparelhos de telefonia móvel.

O sucesso comercial do iPhone e do Ipad, posteriormente, mudaram o rumo das indústrias. Todas as empresas de comunicação aderiram à interface sensível ao toque e à conectividade que esses dispositivos proporcionaram aos consumidores. Eles mudaram não apenas o modo como as pessoas se relacionam e como percebem o mundo a sua volta, mas também o que elas esperam de um produto, em termos de facilidade de operação.

Nós estamos vivendo a Era dos dispositivos all-in-one conectados – a Era da consolidação dos hardwares. O iPhone trouxe essa Era, em que fabricantes de hardwares estão competindo com plataformas que prometem oferecer qualquer coisa, a qualquer hora, em qualquer lugar, tudo com o apertar de um botão. (CHEN, 2011, p.39)

E, embora alguns automóveis modernos ofereçam tal tecnologia, como o novo Porsche 918, com seu console touchscreen, a maioria da indústria automotiva ainda converge lentamente para essa nova realidade, às vezes oferecendo a tecnologia de forma mesclada com a antiga, de botões físicos. Em parte, a razão de tal lentidão para incorporar a tecnologia sensível ao toque está nas consequências em termos de segurança, já que, impossibilitado de fazer a operação às cegas, mais atenção é requerida do usuário para operar o dispositivo.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é medir o tempo de visualização necessário para acionar comandos em interfaces físicas e sensíveis ao toque.

Os objetivos secundários do trabalho são:

- Medir o tempo de desvio de olhar da tarefa principal enquanto os usuários realizam uma tarefa secundária num dispositivo com interface física;
- Mensurar o tempo de desvio de olhar nas mesmas condições, enquanto o usuário utiliza uma cópia virtual sensível ao toque da interface física;
- Averiguar como a modificação da interface virtual, utilizando comandos mais visíveis, afeta os resultados obtidos com as demais interfaces testadas.

3. METODOLOGIA

A parte física do experimento consiste em um simulador de automóvel (Figura 1), montado a partir de um videogame Sony Playstation 3, conectado a um monitor LCD de 26 polegadas e um volante G25, equipado com três pedais e transmissão manual. O aparelho roda o jogo Gran Turismo 6, em condições pré-determinadas. Próximo ao câmbio, no lado direito do simulador, é montado um rádio automotivo Pioneer DEH-P3580MP ou um iPad, dependendo do teste. Uma câmera Nikon D7000 fica montada atrás do monitor, voltada para o usuário do simulador.



Figura 1. Simulador de automóvel

Um percurso de três minutos é traçado no simulador e, enquanto o usuário percorre o trajeto, ele deve, conforme orientado, realizar as operações de ligar o rádio, trocar de estação e aumentar o volume, nessa ordem. Cada usuário faz o mesmo percurso três vezes: a primeira operando o rádio com interface física, a segunda operando a versão touchscreen do mesmo aparelho via iPad, e a terceira operando uma versão sensível ao toque com interface modificada, conforme a área de display disponível no tablet.

Enquanto o usuário realiza a tarefa, é filmado pela câmera, em resolução de 1080 pixels. Posteriormente, os vídeos são analisados quadro a quadro para medir o tempo que o olho desviou do monitor principal para realizar a tarefa requisitada.

3.1 Participantes e treinamento

O grupo analisado consistiu-se de 21 pessoas, separados da seguinte forma: 4 pessoas na faixa etária de 18 a 24 anos; 8 pessoas na faixa dos 25 aos 39 anos; 5 pessoas na faixa dos 40 aos 54 anos; 4 pessoas com 55 anos ou mais.

Antes dos testes, um pequeno questionário foi aplicado aos participantes, questionando-os acerca de suas experiências como motoristas e familiaridade com dispositivos sensíveis ao toque. Apenas dois participantes não eram habilitados e todos revelaram ter pelo menos um dispositivo touchscreen de uso frequente.

Também, antes de serem testados, foi permitido que os usuários conhecessem o simulador, dirigindo o mesmo percurso, nas mesmas condições, até que se sentissem aptos a realizar o percurso. Os usuários também foram apresentados as três interfaces com as quais iriam interagir, permitindo familiaridade com a operação dos mesmos.

Após os testes, os participantes eram novamente questionados sobre suas impressões em relação às diferentes interfaces que foram utilizadas nos testes.

3.2 Interfaces utilizadas

No primeiro teste, os usuários utilizam a interface A, um rádio automotivo comum, modelo Pioneer DEH-P3580MP (Figura 2), com feedback tátil, já que os botões físicos podem ser sentidos, e há uma confirmação auditiva, através de um “bip” quando um botão é pressionado.



Figura 2. Interface A - Rádio automotivo comum

O segundo teste é realizado com uma cópia virtual idêntica do modelo Pioneer DEH-P3580MP, tanto em layout, quanto em cores e dimensão (Figura 3), sendo chamado de interface B. O modelo para ser utilizado no primeiro teste touchscreen foi desenvolvido através dos softwares Adobe Illustrator e Adobe Photoshop e foi carregado em uma página da internet. Assim, quando o usuário pressiona uma tecla, um feedback auditivo semelhante ao do modelo real é gerado. O modelo virtual é então carregado no iPad, que substitui o rádio real, e o teste é repetido. O resultado entre dois modelos idênticos, um real e um touchscreen, deve ilustrar, para os fins desse estudo, a diferença do tempo de visualização entre as duas tecnologias.



Figura 3. Interface B - Cópia virtual do rádio automotivo

Para o terceiro e último teste, uma versão sensível ao toque foi desenvolvida, utilizando botões maiores e mais visíveis, sendo chamado de interface C (figura 4). Embora o layout tenha sido modificado, o esquema de cores e o número de comandos permaneceram inalterados. A intenção desse modelo é

determinar como o melhor aproveitamento da tecnologia touchscreen influencia o tempo de visualização constatado nos testes com a interface B.



Figura 4. Interface C

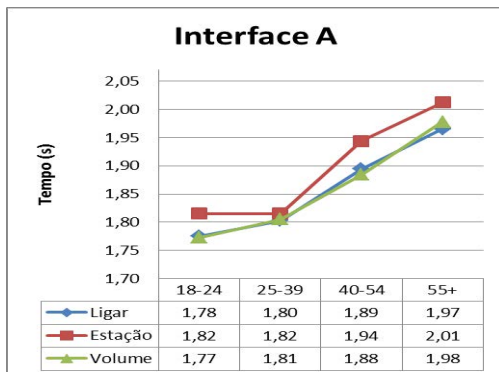
4. RESULTADOS

Como cada uma das tarefas realizadas (ligar o rádio, trocar de estação e aumentar o volume) é realizada através de botões de diferentes dimensões e localizações, a fim de padronizar os resultados, os tempos referentes as três tarefas foram somados e divididos pelo número de operações, obtendo-se, assim, o tempo médio de visualização que cada usuário utiliza para cumprir uma tarefa qualquer, ao operar o dispositivo em questão.

4.1 Resultados utilizando a interface A

A primeira rodada de testes foi realizada com o intuito de se obter uma medição de referência para comparar com as outras interfaces. Nesse teste, realizado com a interface A (rádio automotivo Pioneer modelo DEH-P3580MP a média dos tempos de visualização medidos para realizar as tarefas requisitadas foi de 1,79 segundo para os usuários situados na faixa dos 18 aos 24 anos, de 1,81 segundo para o grupo de 25 a 39 anos, 1,91 segundo para o grupo de usuários situados entre 40 e 54 anos e, entre o grupo dos usuários com 55 anos ou mais, a média subiu para 1,99 segundo. Os resultados dos testes com a primeira interface podem ser verificado no gráfico 1.

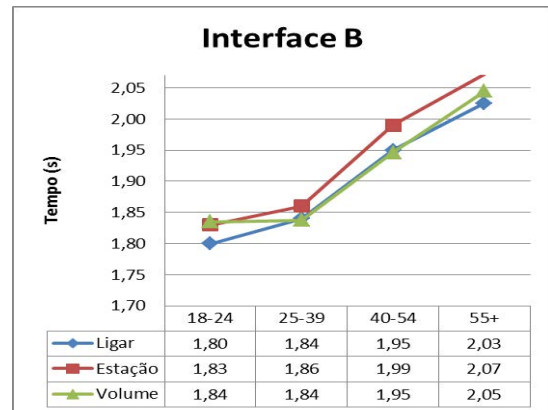
Gráfico 1. Média dos tempos na Interface A



4.2 Resultados utilizando a interface B

Na segunda rodada de testes, o dispositivo de interface física foi substituído pelo iPad, apresentando uma cópia virtual sensível ao toque do primeiro equipamento, a fim de comparar os resultados de ambas tecnologias em layouts idênticos. Os resultados obtidos, conforme mostrado no gráfico 2, foram de 1,82 segundo para o grupo de 18 a 24 anos, de 1,85 segundo para o grupo de usuários dos 25 aos 39 anos, de 1,96 segundo para o grupo de 40 a 54 anos e de 2,05 segundos para usuários com 55 anos ou mais.

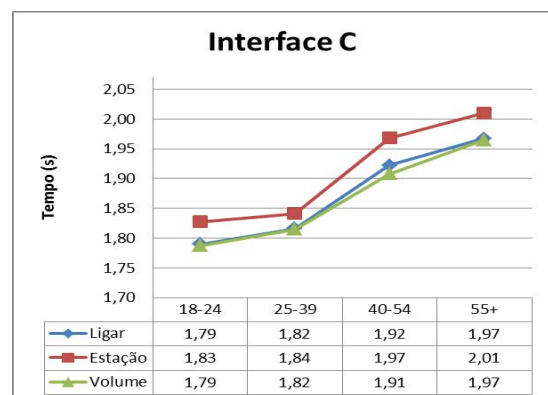
Gráfico 2. Média de tempos na Interface B



4.3 Resultados utilizando a interface C

Para o terceiro teste, a interface B foi modificada, redimensionando e alterando a posição de botões no layout. Nesse teste, conforme apresentado no gráfico 3, os tempos medidos foram de 1,80 segundo para o grupo de usuários dos 18 aos 24 anos; 1,82 para o grupo de pessoas entre 25 e 39 anos; 1,93 para o grupo com idades entre 40 e 54 anos; e o grupo com 55 anos ou mais, apresentou uma média de tempo de 1,98 segundo.

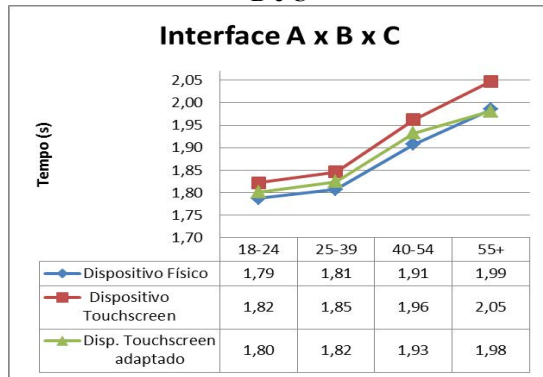
Gráfico 3. Média dos tempos na Interface C



4.4 Análise dos resultados

A primeira constatação dos resultados, conforme pode ser verificado no gráfico 4, é que o tempo médio de visualização ao realizar as tarefas aumenta conforme aumenta a idade do grupo testado, em todas as interfaces.

Gráfico 4. Comparação dos tempos médios nas Interfaces A, B e C



Comparando os resultados das interfaces A e B constata-se um aumento do tempo de visualização para todos os grupos e idade, ao trocar o dispositivo físico pelo virtual. Porém, a diferença nos tempos medidos é menor nos dois grupos mais jovens do que nos dois grupos com idade mais avançada.

Analisando os dados da pesquisa realizada com os participantes, percebe-se que os mais jovens possuem mais dispositivos com interface touchscreen do que os mais velhos, além de os utilizarem por períodos maiores durante o dia. Logo, a menor diferença do tempo de visualização do dispositivo sensível ao toque em relação ao físico, entre os grupos mais jovens, pode ser creditada a uma maior familiaridade desses grupos com as novas tecnologias.

Porém, quando a interface B é comparada com a C, os tempos de visualização de todos os grupos diminuem na versão modificada, embora ainda fiquem acima dos tempos aferidos com a interface A em três dos quatro grupos testados. A exceção cabe ao grupo mais velho, com pessoas de 55 anos ou mais, cuja média de tempo baixou de 1,99 segundo durante o teste de referência, com dispositivo físico, para 1,98 segundo com a interface C.

Conforme os dados do questionário aplicado após os testes, três dos quatro integrantes do grupo mais velho alegou preferir a interface C, por causa dos botões mais visíveis. A interface C também foi a preferida de outros 6 participantes dos testes, sendo a escolha de 9 dos 21 usuários, que alegaram, além da facilidade de visualização, a melhor organização do layout como fator determinante para sua escolha. Em seguida, a interface A foi a preferida de 8 participantes, que alegaram, em sua quase totalidade, que o elemento tátil a tornava a melhor opção. A interface B ficou em último lugar, sendo a preferência de apenas 4 participantes.

5. OPORTUNIDADE DE MELHORAMENTO

A pequena diferença dos tempos medidos, e a polarização na preferência dos participantes entre os modelos A e C, evidenciam que os consumidores anseiam pelos layouts mais inteligentes, gerados a partir de interfaces virtuais sensíveis ao toque, porém, gostariam de também contar com o elemento tátil dos produtos convencionais.

Novas tecnologias de displays touchscreen com feedback tátil estão em fase final de desenvolvimento e, quando lançados no mercado, podem ser o produto ideal para aplicação em dispositivos automotivos, por unirem as possibilidades de

customização dos modernos aparelhos touchscreen à facilidade de manuseio dos dispositivos convencionais.

Um teste utilizando um display sensível ao toque com feedback tátil completaria o estudo, possivelmente apresentando números inferiores aos medidos em todas as interfaces.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vivemos uma época de mudanças. A adoção de tecnologias sensíveis ao toque é inevitável, em todos os setores de produtos industrializados. Existe, conforme averiguado nesse trabalho, um aumento no tempo de visualização ao mudar de interfaces com botões físicos para displays touchscreen. Porém, Interfaces sensíveis ao toque podem ser modificadas de acordo com as necessidades dos usuários, se adaptando ergonomicamente a todos os tipos de pessoas e agradando a todos os gostos e preferências.

Foi demonstrado neste trabalho que, apesar dos resultados gerais inferiores de tecnologias sensíveis ao toque em relação à dispositivos com botões físicos, em determinadas circunstâncias, mesmo uma interface touchscreen simples, sem feedback tátil, pode apresentar uma resposta melhor do que a tecnologia tradicional.

Os novos avanços na área de tecnologia touchscreen, principalmente no sentido de possibilitar feedback tátil ao usuário, podem fazer com que a indústria automotiva adote a tecnologia em larga escala, ao aliar possibilidade de personalização com segurança.

7. REFERÊNCIAS

- CHEN, Brian X. **Always On. How the iPhone Unlocked the Anything-Anytime-Anywhere Future – ad Locked Us in.** Philadelphia, Pa: Da Capo Press, 2011.
- MONE, Gregory. The Future is Flexible Displays. Communications of the ACM Magazine. Volume 56 Issue 6, Jun/2013. p.16-17. Disponível em <http://dl.acm.org.ez45.periodicos.capes.gov.br/citation.cfm?doid=2461256.2461263&CFID=370033180&CFTOKEN=23203678> Acessado em 13/10/2013.
- OHNSMAN, Alan. FIXMER, Andy. ICar Dream Downsizes to Dashboards as Apple Takes on Foes. Disponível em: <http://www.bloomberg.com/news/2013-07-30/icar-dream-downsizes-to-dashboards-as-apple-takes-on-foes.html> Acessado em 16/10/2013.
- PITTS, Matthew J. et al. Visual-haptic feedback interaction in automotive touchscreens. Displays. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938211000874 Acessado em 13/10/2013.
- PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. Design de Interação: além da interação homem-computador. Bookman. Porto Alegre: 2005.
- SHNEIDERMAN, Ben; PLAISANT, Catherine. Designing the User Interface – Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Fourth Edition. Pearson Education, Inc. 2005.

Conversational Structured Hybrid 3D Virtual Environments

Pablo Almajano
Artificial Intelligence Research
Institute (IIIA)
Spanish National Research
Council (CSIC)
Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
palmajano@iia.csic.es

Enric Mayas
Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
enric.mayas@gmail.com

Inmaculada Rodriguez,
Maite Lopez-Sanchez
Volume Visualisation and
Artificial Intelligence (WAI)
research group,
Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
{inma,maite}@maia.ub.es

ABSTRACT

Structured 3D Virtual Environments are 3D virtual spaces where some users' interactions are regulated by a subjacent Organisation Centered Multi Agent System (OCMAS) —an Electronic Institution (EI). They are task-oriented hybrid systems, where staff (organisational) software agents support —based on activities' specification and current EI state— human users in their task achievement. The contribution of this paper is a conversational task-oriented structured 3D environment, where users interact with staff bots (i.e. the embodiment of staff agents) using natural language and, as a result, the communication is improved. With this aim, we extend the Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML) with special tags to enable the complex flow of task-oriented conversations. They are characterised by different conversation' states —such as asked, responded, failed or confirmed— and by data types from the EI ontology. We evaluate the usability of our conversational proposal and compare it to a previous command-based interaction system. As expected, data analysis on users' skills —command-based novice vs expert profile— suggests the co-existence both conversational and command-based user-agent interaction styles. But overall, results show a higher users' satisfaction with the conversational approach which, in average, also performs better in terms of efficiency, effectiveness and errors.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation (e.g. HCI)]: User Interfaces (H.1.2, I.3.6); H.5.3 [Information Interfaces and Presentation (e.g. HCI)]: Group and Organization Interfaces

1. INTRODUCTION

3D Virtual Worlds (VW) are persistent Virtual Environments (VE) initially conceived as spaces where people interact for the sole purposes of socialising and entertaining. Nevertheless, the interactive 3D Internet aims to engage peo-

ple in 3D digital experiences not only for these pleasant purposes but for serious ones, such as educational, shopping or collaborative product design.

Hybrid Structured 3D Virtual Environments enable the interaction of multiple on line users and computer programs (i.e software agents) within serious activities. Based on a combination of an Organisation Centered Multi Agent System (OCMAS) approach [4] and a 3D interface, these systems allow humans to fulfil specific complex tasks by providing them with an immersive 3D VE as well as by regulating (i.e. structuring) their interaction with other participants.

Specifically, we use Virtual Institutions (VI) as Hybrid Structured 3D Virtual Environments which combine an Electronic Institution [3](EI, an OCMAS infrastructure) and 3D Virtual Worlds. Briefly, EIs model organisations that structure participants' interaction by defining communication protocols they must follow in order to perform tasks within specific activities. These protocols are based on the speech act theory [10] so that uttered illocutions count as actions. When running a VI, in addition to the organisational specification, the EI keeps track of its current state, which includes, for instance, current number of participants. Although EI participants can enact different roles, this paper focuses on (i) participants that are software staff agents enacting institutional roles that support organisational tasks, and (ii) human users enacting external roles that join the organisation to perform these organisational tasks.

Regarding 3D VW, they provide immersive scenarios where users participate and intuitively follow the ongoing activities. A user controls an avatar in the VW and interacts with other users and staff bots (i.e the embodiment of staff agents) in order to achieve her/his goals. Thus, user-agent interaction style becomes key for enabling task completion. VWs offer chat windows to perform textual user-agent interactions. A previous work on a task-oriented 3D virtual environment [1] deployed a command-based user-agent interaction style within such chat windows. Nevertheless, command-based interaction is error-prone, specially for users that are not familiar with command-based systems.

Natural language interactions constitute a suitable alternative to command-based systems. Embodied conversational agents are popular representatives of this type of interactions. They are virtual characters which are able to en-

gage in a conversation with humans. Nowadays, they can be mostly found as virtual assistants that provide information to users in web environments. Specifically, Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML) chatter-bots [12] are well known reactive bots which follow basic dialog structures defined in static files. They have been conceived to give general information to users under request. Additionally, they are able to ask the user about some general information (e.g. gender or name) and store her/his response in a non-typed memory (i.e. a list of string values).

However, human-agent interaction in VIs have a complex structure, and thus, conversations must follow the communication protocols in EI specifications. On the one direction, if a user initiates the interaction with a staff agent, this requires the corresponding staff bot to: First, identify user's task; Second, request required user entries and validate (and store) them based on both the EI specification and current state; and Third, to redirect the compiled institutional message to the staff agent so that the user's task can be completed. On the other direction, a staff agent initiates an interaction with a user by having its staff bot to send her/him a chat message in the VW.

The contribution of this paper is the addition of the *conversational* interaction mechanism to the Hybrid Structured 3D Virtual Environments. Particularly, staff agents, embodied as staff bots, interact with humans by means of an interaction mechanism that incorporates a new conversation system to the previous command-based system. In the latter the staff bot just understands user messages in a command-based language. In the former the staff bot converses with users in natural language and it is able to manage task-oriented conversations with the aforementioned functionalities. To do so, it extends the Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML) with special tags to enable our task-oriented conversations. We name the resulting extension Task-Oriented AIML, which is created based on the EI specification and its flow is controlled by considering EI current state. The interaction mechanism is evaluated in terms of user effectiveness, efficiency, errors and satisfaction when performing structured tasks.

This paper is structured as follows. In next sections we present related work (Sect. 2), introduce our Conversational Structured 3D VE (Sect. 3) and present task oriented conversations (Sect. 4). We then show in Sect. 5 the results of the evaluation in the context of v-mWater, a virtual market for the trading of water rights; and its comparison with previous command system. Finally, we conclude with some remarks and future work.

2. RELATED WORK

A variety conversational systems appear in the literature. From them we may highlight tutoring systems, which are virtual tutors that follow pedagogical principles [8, 6]. On the one hand, the aim of AutoTutor [6] is to fulfil, in a specific order, student's expectations related to Newtonian physics. The virtual tutor is a 3D character with a textual interface that stores its knowledge in a curriculum script and uses Latent Semantic Analysis as a pattern-matching algorithm. Authors empirically evaluate the learning gains of students and the quality of the dialogues (by a variation

of the Turing test). Alternatively, conversations in our system follow complex protocols and need to consider system specification and current states. Additionally, our aim is to support users to achieve goals in the system rather than to have simulated humans, and thus, we evaluate the usability of our system instead of conducting a Turing test.

On the other hand, CHARLIE [8] uses an AIML (Artificial Intelligence Mark-up Language) mechanism to maintain a general conversation with students. The bot user interface is a pop-up window with a text area dedicated to the conversation. Specifically, particular keywords link AIML templates with a test task, where students can ask for predefined/personalised tests. Similarly, our bot is AIML-based, but we have extended the language to support task-oriented conversations. Moreover, our user interface is a 3D Virtual world that simulates real environments and provides an immersive experience to human users.

Other textual interfaces extend AIML with rule engines [5, 9, 13]. First, VISTA [13] (Virtual Interactive Story Telling Agent) uses a XML-based web interface to answer users' questions about specific stories. Those queries not covered by AIML patterns are processed by a logic-based engine over a dynamic knowledge base. Second, Persona-AIML [5] implements personality in chatter-bots so that they change the treatment to the users according to their mood and attitude. Persona-AIML was tested in a stand-alone application in Internet Relay Chat and in the web. Third, the work in [9] proposes a web-based multimodal conversational module that detects topic changes requested by the user and smooths the transition between topics by asking for user's confirmation. Our extension of AIML also includes new tags to support task-oriented conversations. Nevertheless, instead of using a rule engine, our bot verifies user's responses based on EI specification and current state. Moreover, these works have web-based interfaces in contrast to our 3D Virtual World interface, which manages simultaneous conversations with multiple users.

In the line of 3D virtual environments, KomParse [7] implements a bartender as a conversational 3D character in a commercial 3D massive multi-player on-line game. The bartender recommends and sells drinks to customers, and also entertains them with small talks. The knowledge base is a biographical ontology of celebrities acquired applying semantic web technology. The natural language understanding component uses a dialogue context memory and a dialogue state, and processes users' entries to select the appropriate answer. Furthermore, a Bayesian classifier is used if the input has not rule nor pattern associated. The main difference with our proposal is that, whereas KomParse is meant to entertain users in a particular game, our system models general "serious" applications, where staff agents successfully support users to perform structured tasks.

3. CONVERSATIONAL STRUCTURED 3D ENVIRONMENT

As previously introduced, Virtual Institutions paradigm allows the creation of Hybrid Structured 3D environments. VIXEE [11] is the Virtual Institutions eXecution Environment that connects an Electronic Institution (EI) and several 3D Virtual Worlds (VW). It enables the validation of

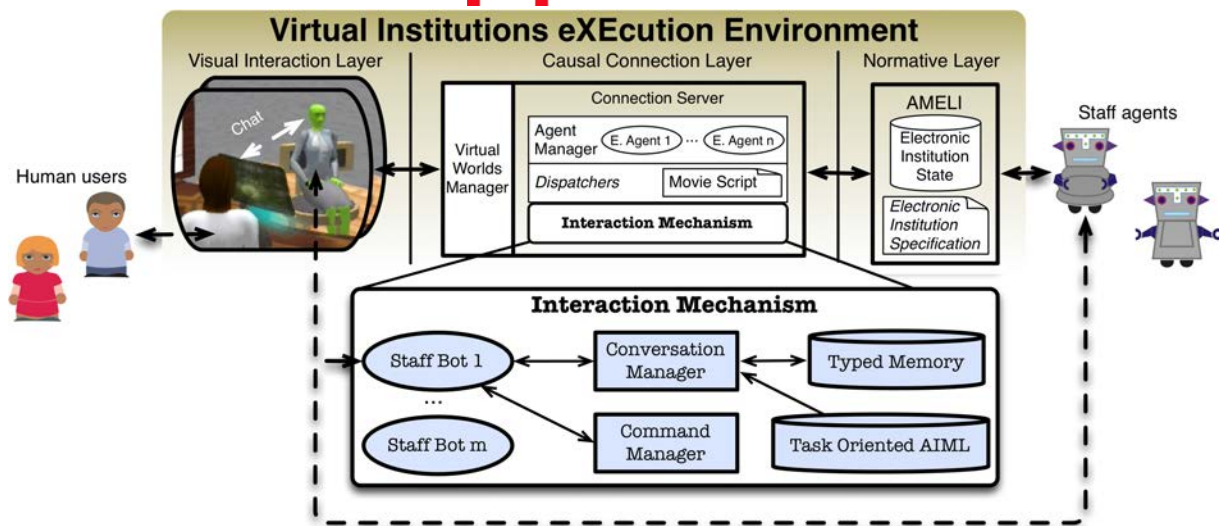


Figure 1: Conversational Task Oriented Architecture

those VW interactions which have institutional meaning (i.e. contemplated in the EI specification), and updates both VW and EI states to maintain a consistent state. This section introduces VIXEE and details the incorporation of a new user-agent (conversational) interaction mechanism.

3.1 Architecture

Top of Fig. 1 depicts VIXEE architecture structured in three main layers: Normative; Visual Interaction; and, as middle-ware, the Causal Connection Layer.

The **Visual Interaction Layer** is the 3D interface which represents an immersive space where users can interact and intuitively follow the progression of activities they are engaged in. Human users (human-alike icons on the left of Fig. 1) participate in the system by controlling the avatars (i.e. 3D virtual characters) that represent them in the virtual environment. Additionally, staff agents are visualised as staff bots in the VW (notice how a dashed arrow in Fig. 1 links robot icon on the right with staff bot character).

The **Normative Layer** on the right of Fig. 1 is composed by: AMELI [3]; the Electronic Institution (EI) specification; and its current state. AMELI is the EI execution infrastructure that regulates participant interactions by enforcing its EI specification on run-time. Briefly, this EI specification defines: participant institutional (i.e. staff) and external roles; activities where participants –enacting specific roles– perform tasks; and regulations and communication protocols associated to these activities. Communication (conversation) protocols are defined as finite state machines, where states represent different conversation stages and edges correspond to illocutions (i.e. institutional messages) that participants can interchange. These illocutions consist of a sender, a receiver and a content, which is expressed in terms of EI types (defined in an ontology) and whose specific values can come from user entries. Finally, staff agents (robot-alike icons in Fig. 1) are software programs connected to AMELI.

The **Causal Connection Layer** in Fig. 1 acts as middle-

ware. It includes both the VW manager (that mediates all the communication with the VW platform) and the Extended Connection Server (that does so with AMELI). The latter has three components: i) the Agent Manager, which represents humans as External Agents (represented as ellipses) in AMELI; ii) the Dispatchers and iii) the Extended Interaction Mechanism. The Dispatchers use the so called Movie Script mechanism to define the mapping between AMELI events and VW actions. On one hand, an event generated in AMELI triggers a VW action, and thus, the visualisation in the VW is updated. On the other hand, for each institutional action (regulated by the EI) performed by a human avatar in the VW, a dispatcher generates the corresponding illocution in AMELI.

The Extended Interaction Mechanism (zoomed in at the bottom of Fig. 1) supports human-agent interactions. In particular, each staff agent in AMELI has a staff bot (see Staff Bot labelled ellipses in Fig. 1) within this interaction mechanism that controls a staff bot character in the VW and that is endowed with a textual communication system. Human-agent communication in previous VIXEE versions were command-based, and they showed to be error-prone. Thus our proposal is to extend this with a new conversation-based system. Both systems are generic for any 3D VW (supported by VIXEE) and EI specification.

When using the command-based system, the staff bot just understands messages structured as commands, where the first word corresponds to the illocution to execute in the system and successive words map to its content. Specifically, the staff bot filters users' messages by comparing the first word with allowed EI illocutions and uses a Command Manager to validate its structured content. Commands are then directly mapped to illocutions to staff agents in AMELI. In the reverse direction, one illocution that the staff agent sends to the user is translated to one message sent by the staff bot to the user in the virtual environment.

Our focus is in the conversational system, that has the in-

intrinsic complexity of natural language dialogues, where users can express their intentions in a variety of ways and staff bots have to understand users' entries and support them in their task completion. To do so, a staff bot must: i) identify user's task; ii) if some data is required to complete the task, request the user accordingly; iii) validate user entries with respect to both the EI specification and EI current state, and store them in a typed memory; and iv) send a compiled illocution to the staff agent so that the user's task can be completed. In the reverse direction, each illocution the staff agent sends to the user should be expressed in natural language.

This bidirectional process requires a staff bot to dynamically control the flow and state of a task-oriented conversation with multiple users based on the user's entries, the staff agent's illocutions, the system specification and its current state. The staff bot delegates in a Conversation Manager the updating of the conversations' states, the storage of users' responses into a Typed Memory (with the types defined in the EI specification) and the interpretation of the conversational knowledge, which is based on the Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML). As aforementioned, AIML has been conceived to program reactive chatter bots that follow simple conversations with users. We extend it and propose Task-Oriented AIML, which includes special tags to enable structured conversations in our system. Next section further explains this extension and the interactions among different participants in task-oriented conversations.

4. TASK ORIENTED CONVERSATIONS

The Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML) is conceived to create chatter bots, i.e. reactive software programs that can engage in simple natural language dialogues under users' requests. AIML is in fact a XML dialect that encapsulates conversational knowledge in data objects called categories. Basically, each *category* is defined by an input question (i.e. a *pattern* for the user entry) and an output response (a *template* to generate bot's response). Categories are grouped in topics and may specify a topic change. Thus, bot designers can encapsulate conversational knowledge into topics and fix a conversation flow. Despite their simple structure and functioning, AIML chatter bots can give a response to almost any sentence the user can think of. It is a matter of expanding the conversational knowledge with more and more AIML files.

Nevertheless, AIML does not perform well in our structured 3D environment, where staff bots, beyond having basic conversational skills to welcome and farewell the user, need to be proactive in order to manage conversations that support users' task achievements. Previous section introduced the Interaction Mechanism, which has been extended to enable human-bot conversations in our system. In this section, we further detail the structure and deployment of these conversations and propose our Task-Oriented AIML, an extension of AIML to support task-oriented conversations.

4.1 Conversation Structure

The structure of a task-oriented conversation has a **welcoming** topic and one **task** topic for each supported task. **welcoming** is the default topic of the staff bot, uses standard AIML tags, and is devoted to greet, inform about the activity, and

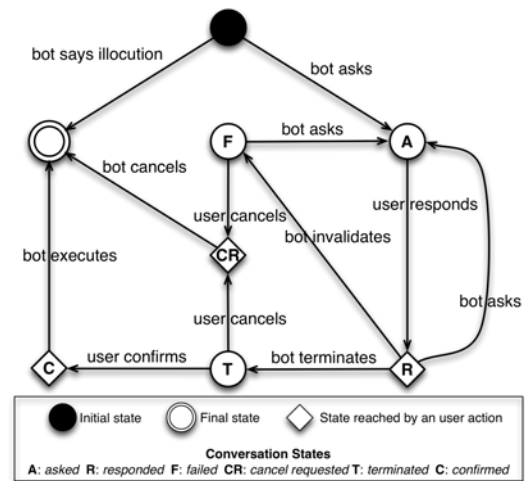


Figure 2: Conversational Finite State Machine for the task topic

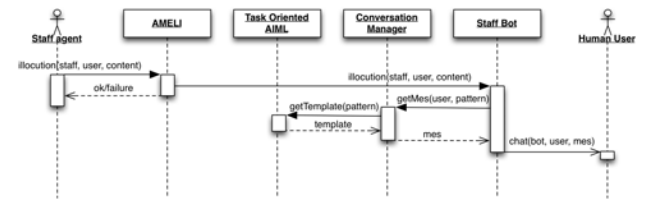


Figure 3: Agent to User interaction sequence diagram

farewell the user. Alternatively, the flow of the conversation in the **task** topic follows the structure defined by the finite state machine depicted in Fig. 2. There are two situations that trigger the change to this topic: i) the staff agent sends an illocution to the user and ii) the user sends a chat message to the staff bot.

The former trigger leads to a simple conversation where the staff bot processes the illocution that the staff agent has sent to the user within AMELI and sends the result to the user in natural language by means of the chat window. Specifically, Fig. 3 shows how the staff bot receives the staff agent's illocution from AMELI and computes the pattern that sends to the conversation manager. Afterwards, the conversation manager accesses the Task Oriented AIML to get the appropriate template, updates the conversation state and sends back the resulting message to the staff bot. Finally, the staff bot sends to the user a chat message that represents the illocution in natural language.

The second trigger leads to a more complex situation that starts when the staff bot recognises the user entry as a request to perform a task. This is done by using standard AIML categories that redirect particular user entries to a **task** topic. At this point, the staff bot takes the initiative by asking to the user the data needed to complete the task (see *asked* state in Fig. 2) and waits for the user response to be processed in the *responded* state. If the user entry is not valid, the staff bot informs the user, and the con-

versation state becomes *failed*. In this state, the staff bot repeats the question (reaching again the *asked* state) until the user requests the cancellation (*cancel requested* state), provoking the staff bot to finish the task. Alternatively, if all information is successfully gathered, the staff bot terminates the questions (*terminated* state) by presenting to the user the obtained information and requesting her/his confirmation before executing the actual illocution in the system. At this point, the user can request the cancellation with the same consequences as for previous *failed* state. Otherwise, the staff bot executes the related user illocution within the system, informs the user accordingly, and changes the topic back to *welcoming*.

The staff bot is thus an automata that selects the next action to perform based on user entries, illocutions defined in the Electronic Institution (EI) specification, and its content allowed values at current state. Fig. 4 represents the corresponding VIXEE's sequence diagram. Each time a user sends a message to the staff bot, it gets from the conversation manager the user's current task, the expected type in her/his response (if any), and the current conversation state. Then, it processes the user's entry and computes the next AIML pattern. First, if the state is *responded*, then the staff bot tries to recognise a value in the user entry (message). To do so, it gets the definition of the related type from the EI specification and the allowed values at runtime from the EI state, and tries to find such a value in the user's entry. If found, it sends the valid value to the Conversation Manager, which stores it into its typed memory. Afterwards, if the conversation state is *confirmed*, the bot executes the related illocution where the sender is the user, the receiver is the staff agent and the content is the stored data asked to the user.

Finally, based on the result of the previous process and the current conversation state, the staff bot computes the pattern which will lead to the next state and sends it to the conversation manager. The conversation manager interprets the Task-Oriented AIML template with the given pattern, updates the conversation state, and returns the resulted message (sentence) to the bot, which is the one that the staff bot will send to the user. Next we explain how we have extended AIML.

4.2 Task Oriented AIML Knowledge

As previously mentioned, the knowledge representing a task is encapsulated in a single topic. Moreover, we have extended AIML so that the conversation manager is able to control the flow of the conversation. Specifically, we have included two new AIML tags that are located inside the *template* tag: *taskresptype* and *taskstate*. Next we show a general example:

```
...
<template>
  <taskstate>state</taskstate>
  <taskresptype>responsetype</taskresptype>
  ...
  expression
</template>
...
```

First, the expected format (type) of the user response for this task is indicated in the tag *taskresptype*. Its *responsetype* value corresponds to a type specified in the EI ontology.

Second, *taskstate* indicates the state of the task-oriented conversation, and can be one of the conversation states defined in Fig. 2. The staff bot is able to redirect the conversation to the desired state because the categories that represent the conversation states have defined specific patterns. In particular, the final state changes the topic of the conversation to *welcoming*. This has been done with regular AIML by adding the *think* tag inside the *template* tag as in the following example:

```
...
<think><set name="topic">welcoming</set></think>
...
```

Following this schema, Fig. 5 shows an actual conversation within *v-mWater* prototype (introduced in next Sect. 5), where a tester user converses with the Registration Bot to perform a register task. Specifically, the user registers a water right with identifier *wr1* at a price of 25€. It also shows an extract of the AIML code that enables such a conversation. Categories in the *welcoming* topic change to the *register* task topic whenever the user mentions "register". Furthermore, this fragment considers task state *asked* and requested entry EI types *wrid* and *price*.

5. EVALUATION

This section evaluates the usability of the proposed conversational mechanism, by assessing and comparing it with the command-based approach. Specifically, we have performed user tests¹ using *v-mWater* prototype, a Structured 3D Virtual Environment which implements a virtual market for the trading of water rights. In the following we define general test objectives. Next, we detail test methodology. Last, we present and discuss results.

5.1 Test objectives

The main goal is to assess the overall usability of the task-oriented conversational approach in Hybrid Structured 3D environments. To do so, we focus on different usability criteria such as effectiveness, efficiency, errors and satisfaction and compare them with the command based approach. We also aim to open some discussion about the hypothesis that *users' skill* in command based systems may affect his *experience* with both command and conversational interaction mechanisms. Additionally, this usability study will allow us to detect design problems -in both structure and content - of task-oriented conversations in structured 3D virtual environments.

5.2 Methodology

We followed both summative and comparative evaluation methods [2]. The summative method focuses on gathering mainly quantitative data related to the usability of the conversational approach. For the comparative evaluation we

¹We encourage the reader to watch <http://youtu.be/Vild9IfuhCY>

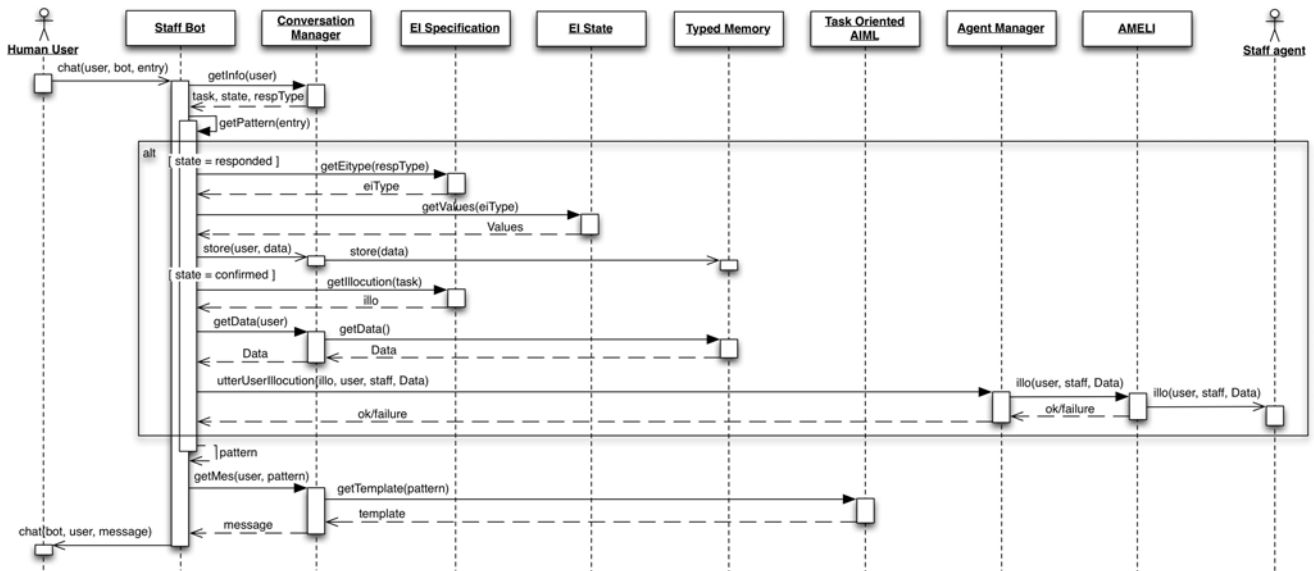


Figure 4: User to Agent interactions sequence diagram



```

<category>
<pattern>*</pattern>
<template>
<think><set name="topic">welcoming</set></think>
Greetings and welcome to the Registration building.
How can I help you?
</template>
</category>

<topic name="welcoming">

<category>
<pattern>* REGISTER *</pattern>
<template>
<think><set name="topic">register</set></think>
<srai>BOTASKDATA1</srai>
</template>
</category>
...
</topic>

<topic name="register">
<category>
<pattern>BOTASKDATA1</pattern>
<template>
<taskstate>asked</taskstate>
<taskresptype>wrid</taskresptype>
If you want to register a water right,
please give me its ID.
</template>
</category>

<category>
<pattern>BOTASKDATA2</pattern>
<template>
<taskstate>asked</taskstate>
<taskresptype>price</taskresptype>
What is your reference PRICE (in euros)
for this water right?
</template>
</category>
...
</topic>

```

Figure 5: Extract of a task oriented conversation to register a water right, and the related AIML code

conducted a within-subjects design, where each user tried each approach (conversational and command-based), measuring user’s performance for each approach.

We recruited 10 participants, half of them were selected with previous experience with command-based systems, and the other half were novices. Participants were a diverse population in terms of other characteristics such as age, sex, and occupation.

As Table 1 details, all participants were requested to repeat the same two tasks using conversational and command-based interactions. To mitigate carryover effect, half the participants started by using command-based interaction, whereas the other half started by using the conversational one.

The users were asked to perform the following tasks, literally:

Table 1: Within subjects experiment design

Participants	Task1, Task2	Task1, Task2
P1-P5	Conversational	Command
P6-P10	Command	Conversational

- Task 1: “Your goal is to ask the Information Manager about the last 2 transactions in the market”.
- Task 2: “Your goal is to ask the Registration Manager to register a water right, identified as wr1, for a price of 25€.”

Note that users performed the tasks in this order: task 1 followed by task 2. The reason was that the first task is a bit simpler than the second one and therefore we assumed novice users in command based interactions would encounter less difficulties (i.e. become less frustrated) trying first task one.

The evaluation team was composed by a moderator and an observer. The former guided the user (if needed), introduced the test, and gave the user the consent-form, task descriptions, and the post-test questionnaire. The latter took notes during the test. Tests took place at users' locations. The equipment consisted in a computer running both the VW server and the VW client. It also recorded user interactions and sound.

The test protocol consists of 4 phases. First, in the *pre-test interview* we welcomed the user, explained test objectives, and asked about their experience with command-based and conversational interactions. In the second phase, the *training*, the user played through a demo to learn how to move in 3D environments and interact with both objects and bots. This training part was mostly fully guided, except at the end, when the user could freely roam and interact in the demo scenario. The third phase was the *test*, the user performed the test tasks without receiving guidance unless s/he ran out of resources. Finally, the user answered a *post-test questionnaire* with both qualitative and quantitative questions, including a last open question for any extra comments the user could have.

5.3 Results and discussion

In this section we analyse test results and discuss the achievement of test objectives which, as introduced before, are mainly focused on usability criteria and user profile influence in task achievement. Tests results come from data collected from: post-test questionnaire, users comments, observer notes, and the review of the desktop and voice recordings while participants were performing the task.

Table 2 summarizes the seven questions included in the satisfaction post-test questionnaire, and Figure 6 depicts a compilation of users' answers. There, X axis shows each of the post-test questions and the Y axis shows average values (and standard deviation values) of answers considering a five-point Likert scale. Questions are formulated so that 1 corresponds to the most negative answer and 5 to the most positive.

Five post-questionnaire questions had double answer, one for the conversational approach and another one for the command-based, and two of them required a single answer about the conversational approach. Therefore, bar chart in Figure 6 shows five pairs of bars, dark blue and light blue for conversational and command-based respectively. Overall, the quantitative results we obtained from these five questions were very satisfactory, and the average answer for the conversational approach was higher than command-based. Individual questions (Q6, Q7) with averages of 4.7 and 4.6 show good results on the conversational bot's ability to understand the user and to give her/him meaningful responses.

Regarding *task effectiveness*, the conversational interaction style obtained a task completion rate of 100%. That was not the case for the command-based approach, where 30% of the participants failed at task 1 and 20% did at task 2. We consider a task failure when the participant could not complete the task without the help of the moderator or when the task was performed unsuccessfully (i.e. registering using an incorrect price). Additionally, users performed both

Table 2: Questions in post-test questionnaire.

Brief description	
Q1	I did not feel I needed help while talking to the bot.
Q2	I did not feel frustrated while talking to the bot
Q3	What the bot said to me made sense
Q4	I did know what to answer to the bot
Q5	How comfortable was the communication
Q6	I felt that the bot understood me
Q7	The bot had answers I expected

Possible answers are: 1: Never/ Very Uncomfortable
2: Sometimes/Uncomfortable - 3: Regularly/Normal
4: Often/Comfortable - 5: Always/Very Comfortable

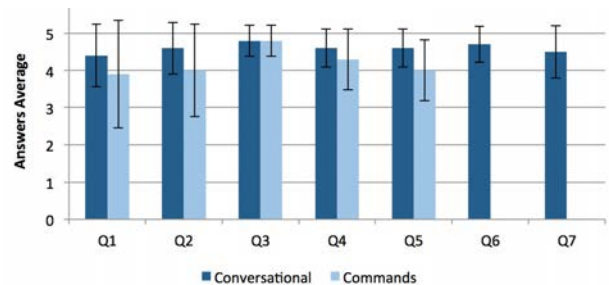


Figure 6: Post-test questionnaire results. X axis: questions from Table 2. Y axis: average (and standard deviation) values.

tasks making a lower average of *errors* in the conversational system (0.3 errors in average) than in the command-based (2.2 errors in average). This error difference was significant with a p-value = 0.01 obtained in a t-test.

Related to *efficiency*, we report results on the number of messages users needed to send to the bot to successfully complete the given tasks, either in the conversational or the command-based approach. They sent an average of 6,7 messages using commands and 9,7 messages when conversing using natural language. If we analyse these averages respect to the minimum number of messages needed for both tasks in command (that was 4 messages), and the minimum messages for conversational (that was 9), they represent a 168% in commands, and only 107% in the conversational approach. These results show that users who interacted by using natural language spent less effort pursuing their goal. This is also corroborated by the smaller number of errors made when conversing.

If we analyse results by user's skill in command based systems (i.e. expert or novice), satisfaction post-questionnaire shows that experts rate almost identically both methods (conversational with an average of 4.35 and command with 4.57) while for novices natural language is rated significantly higher, with an average of 4.65 compared to the average of 3.63 obtained in commands, with p-value=0.014. This result denotes that experts feel comfortable with both interaction methods, which is not the case for novices. When it comes to the number of errors in the command-based interaction, the difference between novices (with an average of 3.8) and experts (with an average of 0.6) was proved to be significant with a p-value of 0.01. Additionally, novices sent more messages than experts, with an average of 8.4 and 5 respectively,

again with a p-value of 0.01. If we analyse the results obtained in the conversational approach, data collected shows that both experts and novices made a similar number of errors and sent a similar number of messages, demonstrating that both user profiles behave similarly when using the conversational interaction approach. This data analysis on users' skills suggests the use of multimodal interaction, facilitating the coexistence of both interaction styles.

User tests also aimed to detect faults, shortcomings, or inconsistencies in the definition of AIML task-oriented conversations, as they may affect negatively user-bot interaction. As previously mentioned, task-oriented conversations are structured in welcome, task and farewell stages. Nevertheless, the staff bot did not welcome the user proactively, that is, the staff bot waited for the user to take the initiative in the greeting. Therefore, some users that were eager to ask the staff bot about the task they wanted to perform, received as response a greeting, being necessary for the users to repeat their request. Moreover, some users became confused by an interrogative expression used by the staff bot related to last transactions, since they assumed they had to provide transaction identifiers, which were unknown, instead of the number of transactions (i.e., how many). To avoid this or similar confusions, staff bots' AIML should be reviewed. Finally, when a task required the user to introduce several data, some users wanted to give all the data in a single sentence. They thought the staff bot could understand the entire sentence but this was not the case. This is another point to take into account in the revision of staff bots' knowledge.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Virtual Institutions are Hybrid Structured 3D Virtual Environments (VE) where participants (both humans and software agents) perform serious activities. These activities are specified (e.g. roles, participants' dialogs) at design time and are enforced at run-time by the execution infrastructure. Actually, staff agents are institutional agents in charge of facilitating organisational activities. Then, in many occasions users should interact with staff bots (the embodiment of staff agents) who support them in their task achievement.

This paper has presented the integration of a new conversational mechanism for user-agent interaction in Structured 3D VEs. To do so, we have proposed an AIML extension for dealing with task-oriented conversations, which are based on activities' specification and current system state. We have evaluated the conversational mechanism in *v-mWater*, a Virtual Institution for the trading of water rights. Test results have given good usability measures of efficiency, efficacy and user satisfaction for the conversational approach. We have also compared it with another interaction style already incorporated in the infrastructure which is based on commands. In the satisfaction post-test questionnaire the conversational approach has been better rated than the command-based one. Nevertheless, further data analysis, based on users' skills (in the commands-based approach), suggests us the coexistence of both approaches.

As on-going work we are re-designing AIML conversations to take into account tests results. We also plan to incorporate voice conversations that will further facilitate users' tasks.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Work funded by Spanish CSD2007-0022, TIN2011-24220 and TIN2012-38876-C02-02 research projects.

8. REFERENCES

- [1] P. Almajano, E. Mayas, I. Rodriguez, M. Lopez-Sanchez, and A. Puig. Structuring interactions in a hybrid virtual environment: Infrastructure & usability. In *GRAPP'13*, pages 288–297, 2013.
- [2] D. Bowman, J. Gabbard, and D. Hix. A survey of usability evaluation in virtual environments: classification and comparison of methods. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 11(4):404–424, 2002.
- [3] M. Esteva, B. Rosell, J. A. Rodríguez-Aguilar, and J. L. Arcos. AMELI: An agent-based middleware for electronic institutions. In *AAMAS'04*, pages 236–243, 2004.
- [4] J. Ferber, O. Gutknecht, and F. Michel. From agents to organizations: An organizational view of multi-agent systems. In *Agent-Oriented Software Engineering IV*, volume 2935 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 214–230. Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- [5] A. M. Galvao, F. A. Barros, A. M. Neves, and G. L. Ramalho. Persona-aiml: An architecture developing chatterbots with personality. In *Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 3*, pages 1266–1267. IEEE Computer Society, 2004.
- [6] A. C. Graesser, P. Chipman, B. C. Haynes, and A. Olney. Autotutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. *Education, IEEE Transactions on*, 48(4):612–618, 2005.
- [7] T. Kliwer, F. Xu, P. Adolphs, and H. Uszkoreit. Evaluation of the komparse conversational non-player characters in a commercial virtual world. In *LREC*, pages 3535–3542, 2012.
- [8] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, M. Llamas, D. A. Rodríguez, and E. Rodríguez. Charlie: An aiml-based chatterbot which works as an interface among ines and humans. In *EAAEEIE Annual Conference, 2009*, pages 1–6. IEEE, 2009.
- [9] K. Mori, A. Jatowt, and M. Ishizuka. Enhancing conversational flexibility in multimodal interactions with embodied lifelike agent. In *Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces*, pages 270–272. ACM, 2003.
- [10] J. R. Searle. *Speech acts: An essay in the philosophy of language*, volume 626. Cambridge university press, 1969.
- [11] T. Trescak, I. Rodriguez, M. Lopez Sanchez, and P. Almajano. Execution infrastructure for normative virtual environments. *Engineering applications of artificial intelligence*, 26(1):51–62, 2013.
- [12] R. Wallace. The anatomy of a.l.i.c.e. In R. Epstein, G. Roberts, and G. Beber, editors, *Parsing the Turing Test*, pages 181–210. Springer Netherlands, 2009.
- [13] F.-Y. Wang, P. B. Mirchandani, and Z. Wang. The vista project and its applications. *Intelligent Systems, IEEE*, 17(6):72–75, 2002.

How efficient can be a user with a tablet versus a smartphone?

Federico Botella

Center of Operations Research
University Institute

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

federico@umh.es

Juan P. Moreno

Statistics, Mathematics and
Informatics Department

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

juan.morenom@umh.es

Antonio Peñalver

Center of Operations Research
University Institute

Miguel Hernandez University of Elche
Elche, Spain

a.penalver@umh.es

ABSTRACT

We can see at these days a large number of users utilizing a smartphone or a tablet as their daily working tool. Many professionals are changing the use of their desktop computers by using their mobile devices due to trends in their business. Thus, we can find more enterprise mobile apps that allow users to manage their companies using a mobile device in a more efficient and effective way and everywhere. This growing demand for mobile applications has become a challenge for current developers. We can find more and more enterprise applications delivered in three versions: desktop, tablet and smartphone. However, it is difficult to determine how productive a user can be in each version. In this paper we present a comparative usability study of one management mobile application designed for smartphone and tablet platforms for measuring the efficiency of the tablet version versus the smartphone version. We conducted a study with 8 participants to measure the efficiency of one mobile app and also measured the perceived usability using SUS questionnaire. This way, we obtained a ratio of the efficiency of using a tablet compared to a smartphone that could be significant for the development of future apps in small screens.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation (e.g., HCI)]: User Interfaces – *Evaluation/methodology, Input devices and strategies (e.g., mouse, touchscreen), Screen design (e.g., text, graphics, color).*

General Terms

Measurement, Experimentation.

Keywords

Mobile usability, screen size, SUS, mobile efficiency, mobile effectiveness.

1. INTRODUCTION

Nowadays we can find a great variety of screen sizes in our mobile devices. We can find smartphones with a screen size from

3 to 6 inches (small screen mobile devices), whereas we can find tablets with a screen size from 7 to 10 inches (large screen mobile devices). Nevertheless, a new kind of mobile device has been recently introduced halfway between a smartphone and a tablet, with a 5 to 6.9 inches screen size, which has been called as "phablet". Thus, we have a wide range of portable devices with different screen sizes, so it is difficult for a user to select the most adequate size for performing a concrete task or using a particular app for his/her daily work.

Moreover we can find that the wide range of laptops starts at 10 inches screen size so one can buy a laptop from 11 to 18 inches screen size in steps of only 1 inch [1]. Furthermore, one user can find a computer monitor with screen sizes from 19 up to 30 inches (or even beyond in some cases) [2]. In this scenario one user could interact with a screen size from only 3 inches up to 30 inches to perform a concrete task. So we might ask a question: Where is the breakpoint for designing a different application for a smartphone, a tablet, a laptop and a desktop computer?

It seems clear that one application designed for a desktop computer will run without any problem in a laptop. A user could perform the same tasks with the same efficiency in both platforms. But can we assert that one app designed for a smartphone will run in the same way in a tablet (or a phablet)? Will one user perform all tasks that can be done in a tablet with the same efficiency in a smartphone? Will there be tasks that cannot be performed on a smartphone? Will all users reach the same productivity with a tablet than with a smartphone?

In this paper we want to test our hypothesis that one app designed for smartphone and adapted for tablet will conduct different usability aspects: users will do one task in a different manner and it will take longer in smartphones than in tablets. We designed an experiment to measure the usability of a commercial app designed for both iPhone and iPad: we conducted the experiment with several users to discover the efficiency of execution of certain complex tasks. We also collected qualitative data about the usage of the app while users interacted with both devices performing the same tasks sequentially. This experiment will reveal that it is important to have a good design for different devices with different screen sizes and quantifies how much time consumes a user performing a concrete complex task in a smartphone than in a tablet.

The rest of the paper is organized as follows: an outline of the related work is presented in section 2. Next we present a description of the app designed for both smartphones and tablets which will be used in this study, followed by a detailed description of the experiment conducted and methodology employed. Afterwards the results are exposed and the obtained

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

data are analyzed and compared to the research data. Finally the conclusions and future work are presented.

2. RELATED WORK

Several studies have focused on the ability of the users to read text on small screens and the capacity of the participants to remember information they have read. In [3] Sanchez & Goolsbee performed a study to experiment how users reached an important deficit to remember information they read on a full-size screen versus a small device. When users rotated the screen of a smart device to landscape orientation that deficit was significantly reduced. The effect of scrolling on a small screen is one of the factors that can lead to this deficit. In a later study, these authors proved that reading on small screens had a negative impact on remembering information and depended on text and screen size [4]. If the user augmented the text size on a small device, the need to scroll will increase and the amount of information recalled will decrease. Those users who consume a large amount of text on his/her device with a small screen will need to scroll constantly and consequently the performance of this task will be lower.

The information and text presented on a small screen should be easily comprehensible. The user can be confused if one app presents a large amount of information with a font size hard to read. Moreover the menus of the app can have a negative effect on reading the screen, unless the user can obtain a large preview in his/her device and the amount of information in each screen has been optimized. Ziefle presented one study for investigating the tradeoff between visual density and menu foresight [5]. The main factors in this tradeoff were the font size (8 pt, 12 pt) and the size of the preview with one to five functions per screen at time. The navigation performance was optimal when font size and the size of the preview were large. The lowest performance was obtained when the preview was small and the font size large, showing that proper orientation is more important than visibility demands.

The screen size and sentence splitting can influence on manipulation of a small device, comprehension of the text by users and therefore the perceived usability or personal perceptions. If the user has to scroll often the text, the comprehension is not affected. But when sentences are split along small screens the user has to return to previous screen to re-read more text. So users prefer larger screens to read text and obtain a more comprehension of the reading with less effort [9].

When users have to perform complex tasks implying type text on small screens, they get a low performance in the execution of their tasks. Texts should be easily readable, with large font size and so less amount of text will fit on the screen. If the user needs to type some text in this context, the task will be harder to accomplish as we have to present the virtual keyboard on the screen and the amount of information presented will be even lower. The virtual keyboard reduces the visual area with the information presented on the screen and the user has to introduce certain amount of text normally with one finger or using a stylus, a hard task by itself [6].

The menus and other navigation areas will also concern the performance and usability of an application designed for small screens [7]. Adapting the interface of an application designed for small screens to the user's needs normally increments the performance and efficiency. Users are more satisfied and present a better performance in those applications that have adaptive menus instead of applications with an interface constrained from the interface for desktop or larger screens [8]. But the problem for adapting menus is the lower user's awareness of the full set of

items in the interface, resulting more difficult to discover new features of the application for users.

The attractiveness of a smartphone can affect the perceived usability of a device. In [8] authors found that participants sometimes rate products high in usability despite experiencing obvious usability problems as low effectiveness or efficiency. The brand and pleasant design can counterweigh the low effectiveness or efficiency of the device. They report that attractiveness, effectiveness and efficiency each have an independent influence on usability ratings and, moreover, attractiveness had the largest impact.

3. LAYOUT

In this work the tablet and smartphone version of a mobile application for the integral management of a photo studio company were used. PhotoSolution Pro¹ is an application designed for desktops but also offers versions for iPad and iPhone. We used a demo version of this application for iPad and iPhone where we selected certain modules for the tests design of our experiment.

Photo Solution Pro is a Spanish application for the management of one photo studio company that allows to manage the entire workflow: from appointments, budgets, meetings, models, invoicing, expenses, marketing, profits or cash reports.



Figure 1. Main screen of the app to test in this experiment (screen capture of the smartphone version: POS, events, customers, accounting, CRM, general preferences)

This application is divided into six areas on its home screen (see Figure 1) where you can:

- POS: you can manage the daily cash by creating new cash tickets, printing tickets, deleting tickets or obtaining a list of tickets or a list of the cash.
- Events: shows all appointments in different views by day, week, month, and also pending tasks, which may be associated with a quote or a work order.
- Customers: List of customer's records with different filters as well as new customer registration or customer removing.

¹ <http://www.photosolutionpro.com>

- Accounting: budget management, delivery notes and invoices; printing and e-mailing invoices; income and expenses reports with different filters; graphs and printable listings.
- CRM: customer lists with different filters such as birth date, sales or purchased products; sending by SMS, e-mail and also newsletter to all customers.
- General: product, suppliers and employees management; digital archive; personalization of the application using various templates and options.

The application is developed over FileMaker Pro database which allows to distribute the application for different platforms: iPad, iPhone, desktop and web. You only need to install previously an engine database in your iPad or iPhone to run this application.

The design of the Photo Solution Pro application has been adapted to each mobile device where you can run the application: iPhone, and iPad. Different layouts for the adaptation of the interface of each device to the best style were used: different font sizes were employed; the sizes of the buttons were defined for each platform; and different menus or the layout of the different elements of the interface were designed (see Figure 2 and Figure 3).

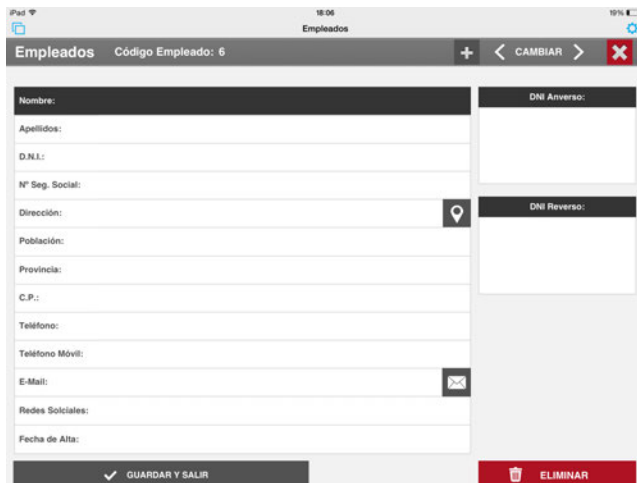


Figure 2. Screen capture of the iPad version where items have been adapted to screen size

4. METHOD

In this experiment we installed a demo for the iPad version of the Photo Solution Pro application on an iPad mini with 7.9 inches and a demo of the iPhone version for this app in an iPhone with 4 inches. We want to test how much time takes a user to perform certain tasks on a tablet and how much to perform the same tasks on a smartphone, i.e. we wanted to compare the efficiency of the users when performing certain complex tasks on a small screen device versus a large screen device. Moreover, we wanted to analyze if the effectiveness of the users for each version and perceived usability of the application were affected by the use of devices different screen size.

The definition of usability in ISO 9241 [14] was applied as well as the evaluation questionnaire SUS [15]. We employed also other evaluation questionnaires for determining the usability and effectiveness of the application. All participants were recorded by videotape using different cameras and devices while they performing all the tasks proposed in this experiment.

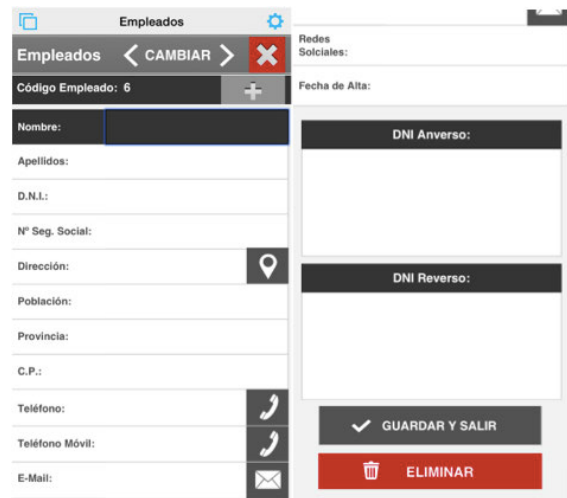


Figure 3. Screen capture of a whole screen of the iPhone version where we can see the scroll needed to finish this task.

4.1 Research questions

In this study we wanted to find the improvement in efficiency when different users performed certain complex tasks in a management mobile application and when they used a small screen device versus a large screen device. We defined the following research questions:

- The performance of execution of a set of tasks with a tablet is greater than executing the same tasks with a smartphone.
- The user's perceived usability of the application will be different depending on which device the user will perform the task firstly (on a tablet or a smartphone)
- The number of usability problems detected by a user decreases if she/he performs all tasks on a tablet instead of a smartphone.

Thus, we composed two groups of users for experimenting the influence of interacting with the same application designed for different platforms (small screen versus large screen devices) and then we analyzed the influence of the learning effect of the application on one device before than another.

4.2 Participants

In this experiment we selected eight users who voluntarily attended to the test we performed in March 2014. We selected 3 female and 5 males with an age range from 24 to 35 (mean=31.50, SD=4.38). All of them owned their own smartphone and their own tablet (although not all of them had an iPhone or an iPad mini like the ones we used in our laboratory). Generally speaking, all users had an intensive usage of their mobile devices weekly (mean = 20.38 hours/week; SD=14.60) but not all users had extensive experience in the management of their mobile devices. None of them had worked previously with the app employed in this experiment. As all users were in the same range of age, we assured that the effect of perceived usability due to the age of participant was minimized [15].

4.3 Procedure

Selected users were divided into two groups of 4 members each, minimum number of users acceptable for valid results in usability studies [13]. The first group performed a set of five tasks in sequential order on a tablet and then the same five tasks in sequential order in a smartphone. The second group of 4 users

performed a set of five tasks in sequential order in a smartphone and then the same five tasks in sequential order on a tablet. Here we followed the within-subjects design method to mitigate the effect of learning and we also applied the testing multiple product versions method to compare the two versions of the app [11].

We installed FileMaker Go 13 on an iPad mini and on iPhone 5 so that we can run the Photo Solution Pro demo application on each device. When users arrived to the lab, they had prepared both versions installed on each device (iPad mini and iPhone) to begin testing.

As for the duration of the tests, we previously agreed that the total time to perform all tasks and to fulfill all questionnaires by the same participant should be 1 hour maximum.

All participants performed the same tests in the same laboratory and under the same conditions. When the user arrived at the laboratory we explained her/him the purpose of the tests and we invited her/him to sign a statement of informed consent form given that we recorded in video all activities of the users during the tests.

As none of the users had used the app previously, we allowed them about 3 minutes for navigating around the screens and menus of the app in the device they were going to perform the tasks. We asked users to explain aloud what they thought about the app in general. The participants were allowed to finish all tasks at their own pace and the moderator did not give them any feedback about success or failure in each task. Only in the case one user became clogged in one task, the moderator stopped the task and invited the user to continue with the next task.

Then we started with the execution of the five tasks on each device, depending on the group the user was assigned. This process took about 35 minutes for both devices. After finishing the test they completed the SUS questionnaire [12] for registering the perceived usability of the overall application.

4.3.1 Apparatus and materials

In our laboratory we used a 64Gb iPad Mini with retina display, 7.9-inch (diagonal) LED-backlit Multi-Touch display with IPS technology and 64GB iPhone 5 with retina display, 4-inch (diagonal) widescreen Multi-Touch display where users performed the tests. We employed an iPevo Ziggi-HD document camera 5 Megapixel with built-in microphone for recording the movements of the user's hands while interacting with the mobile device in each tests. We also recorded her voice with this microphone. In addition, we use a Canon EOS 5D Mark II for recording video in full hd with the face of the users. In figure 4 we can see one of the participants who performed the experiment interacting with an iPhone.



Figure 4. One user performing the test at our laboratory

4.3.2 Experimental tasks

The five tasks the participants had to perform and the description of each of them are described below:

- **Task 1. Register a new customer.** The user must enter a new customer in the application by completing the following information: name, company, position, VATID, date of birth, mobile phone, phone, e-mail, website, address, postcode, city, province and country. The estimated time for performing this task was 180 seconds for iPad and 220 seconds for iPhone.
- **Task 2. Register a new product.** The user must enter a new product in the application. Product data were: item description, manufacturer, part number, category, location, weight, one photograph of the product (the user had to take it with the camera of the mobile device), cost price, margin, selling price without VAT, selling price with VAT, stock and minimum stock. The estimated time for performing this task was 160 seconds for iPad and 180 seconds for iPhone.
- **Task 3. Giving an appointment to one customer.** The user must assign a date to the customer registered in task 1. The data for the appointment were: date, start time, end time, place, stage of the work, type of work, name of the customer and notes. The estimated time for performing this task was 140 seconds for iPad and 150 seconds for iPhone.
- **Task 4. Fill in the budget of the photo session.** In this task the user must prepare a budget for a photo session adding a couple of products to the budget and a payment in advance by the customer. Data to be filled were: name of first item, name of second item, date of payment in advance, amount and payment method. The estimated time for performing this task was 200 seconds for iPad and 240 seconds for iPhone.
- **Task 5. Send a newsletter to a customer.** In the last task, the user must send a newsletter to a customer. The data of the newsletter to be filled were: name of the customer, one photo (which the user had to take it with the camera of the mobile device), subject of the newsletter and body of the newsletter. The estimated time for performing this task was 240 seconds for iPad and 260 seconds for iPhone.



Figure 5. Registering one participant with the document camera and screen capturer of an iPhone

In Figure 5 we can see one user introducing a new product in the app using the iPhone while we captured her hands with the software of the document camera and we can view the full screen of the iPhone with software Reflector in the screen of an iMac to register with more details all the keystrokes performed by the user.

4.4 Measures

4.4.1 Effectiveness on each device

We previously performed all tasks in the laboratory to estimate the time required to execute each one of the five tasks on both the tablet and the smartphone (see table 1)

Table 1. Estimated times for completing each task (in seconds) using both a tablet (column t) and a smartphone (column s)

Task1		Task2		Task3		Task4		Task5	
t	s	t	s	t	s	t	s	t	s
180	220	160	180	140	150	200	240	240	260

All activities performed by the participants were recorded in video, with the tablet and with the smartphone. This way, we can check if the user had finished completely the task and calculate the time employed. Moreover, we have a valuable record of qualitative data about all the impressions of each user during the tests. The moderator did not give participants any feedback about the success or failure of each task. We let all participants to finish their tasks and only two participants declared they have finished their tasks when the moderator perceived the tasks were uncompleted and simply invited the participant to go on the next task.

4.4.2 Efficiency on each device

We calculated the exact time in seconds needed for each participant to perform each task first in a tablet and then in a smartphone or vice versa depending on the group assigned to the user. As all task were successfully completed, we only had to estimate the times for the two tasks that two of the users did not perform adequately in order to calculate the efficiency accurately.

4.4.3 Perceived Usability of the application

We took the System Usability Scale (SUS) questionnaire [12] after the user completed all the tasks in both devices in order to measure the perceived usability of the application. Participants rated the ten items of the SUS questionnaire using a scale from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). We selected this tool due to its wide acceptance between usability community and because it is free and easy to fulfill.

We also asked to all participants to complete a very short preference questionnaire [11] with three questions about the app for each device:

1. I think this app is useful for the purpose it was designed
2. I think this app is easy to use
3. I can do all tasks I expected to do with this app

From this questionnaire we get another measure of the perceived usability of each app in each mobile device.

5. RESULTS

5.1 Effectiveness on tasks

All participants performed the five tasks defined both on an iPad mini and on an iPhone. Depending on the group they were assigned, they first performed sequentially all tasks on the tablet and then all tasks sequentially in the smartphone or vice versa. So we could check the effect of learning the application using firstly a large screen device or small screen device. None of the users had used the application before. The interface of each version (iPad or iPhone) of the application was not exactly the same: depending on the device and its screen size each version had a different layout, font size or widgets size, because the application was responsively designed for each device.

In table 2 we can see the results for the execution of all the tasks by all users, considering that participants 1 to 4 performed the tasks firstly on the tablet (on the iPad mini) and then on the smartphone (the iPhone) while participants 5 to 8 performed all tasks firstly on the smartphone (with the iPhone) and then with the tablet (with the iPad).

We can see that all participants completed 100% of all tasks except Participant 1 who completed the task 4 to 75% using the iPhone and Participant 3 completed the task that 5 to 50% using also the iPhone. All times showed in this table were real time needed by each user. These two times of participant 1 and participant 3 who left these two tasks unfinished were calculated to estimate the time the user would need to complete the task and so we could compare it with the rest of times and complete the studies in the first group. In the second group of users (P5 to P8), all users fully performed their tasks so we did not need to estimate them any time.

5.1.1 Task performance measures

In Table 3 we can see the difference in time spent by each participant in each task and each device with respect to the times defined for each task execution by the usability team. In general, most participants took less time to perform the tasks for both tablet and smartphone. Only Participant 3 required significantly more time in the use of the tablet than the smartphone. This is because the user did not have enough experience in the use of mobile devices. Unlike the Participant 8, who was the user that needed less time to perform all tasks in both the tablet and the smartphone.

Table 2. Time and completeness of tasks for each user in different devices (t=tablet; s=smartphone). Time in seconds.

	Task1				Task2				Task3				Task4				Task5			
	t	%	s	%	t	%	s	%	t	%	s	%	t	%	s	%	t	%	s	%
P1	190	100%	244	100%	145	100%	210	100%	134	100%	150	100%	255	100%	211	75%	265	100%	345	100%
P2	180	100%	192	100%	183	100%	135	100%	127	100%	107	100%	167	100%	155	100%	302	100%	255	100%
P3	255	100%	340	100%	233	100%	220	100%	330	100%	296	100%	355	100%	360	100%	375	100%	310	50%
P4	193	100%	253	100%	155	100%	155	100%	181	100%	134	100%	154	100%	162	100%	268	100%	222	100%
P5	168	100%	261	100%	119	100%	188	100%	148	100%	132	100%	135	100%	416	100%	238	100%	268	100%
P6	185	100%	246	100%	124	100%	163	100%	136	100%	120	100%	170	100%	299	100%	137	100%	234	100%
P7	166	100%	198	100%	125	100%	184	100%	90	100%	166	100%	155	100%	413	100%	226	100%	400	100%
P8	116	100%	162	100%	89	100%	166	100%	69	100%	216	100%	95	100%	228	100%	182	100%	271	100%

Regarding to tasks, we can see that Task 4 is the most complex one for most participants using a smartphone: three of the participants needed more than 50% of the estimated time to complete the task (Participant 3 needed 50% extra time, Participant 5 needed 73% more and Participant 7 needed 72% more time). It was a complex task with a previous search of information that the user had generated in Task 3; change this information by adding more data and finally sending one email to a customer. Note that these three participants completed this task while Participant 1 was the only one that completed this task at 75%.

Task 5 was also a complex task where the participant had to take a picture with the device, write text and send an email. Only Participant 7 needed 54% extra time than the estimated time to complete this task, while the remaining participants completed this task in the estimated time or even less time. Note that Participant 3 completed this task at 50% (he would have needed almost twice the time estimated by the usability team to complete the task completely) so we can consider that this task presents some cognitive load for some users who may consider that they have finished the task when actually they had left the task half-done.

Table 3. Time difference (in seconds) between real time needed by participants and estimated time for each task

	Task1		Task2		Task3		Task4		Task5	
	t	s	t	s	t	s	t	s	t	s
P1	10	24	-15	30	-6	0	55	92	25	85
P2	0	-28	23	-45	-13	-43	-33	-85	62	-5
P3	75	120	73	40	190	146	155	120	135	423
P4	13	33	-5	-25	41	-16	-46	-78	28	-38
P5	-12	41	-41	8	8	-18	-65	176	-2	8
P6	5	26	-36	-17	-4	-30	59	-103	-26	-26
P7	-14	-22	-35	4	-50	16	-45	173	-14	140
P8	-64	-58	-71	-14	-71	66	-105	-12	-58	11
Mean	1.63	17.00	-13.38	-2.38	11.88	15.13	-14.25	55.63	9.13	74.75
SD	35.94	50.92	41.71	26.62	74.56	58.55	76.49	97.44	67.99	142.91

Instead all participants completed both Task 4 and Task 5 using the tablet in the estimated time, even some of them with far less time than the estimated duration.

Interestingly enough, the most complex task for users performed on a smartphone (Task 4) was also the task which users needed less time to complete with the tablet; especially for the group of users who used the tablet secondly. This proves that an adequate responsive design and a large screen can greatly improve efficiency in the execution of a complex task.

5.2 Efficiency on tasks execution

Participants carried out the five tasks in both a tablet and a smartphone. The first group performed first the tasks on a tablet and then on the smartphone. We calculated the difference of time to perform each task in the iPhone regard to the iPad. In Table 4 we can see the percentage of time that each participant of the first group needed to perform all tasks on an iPhone regard to the same task on an iPad (the data are in %). We can see that in general, one user will need around 9% more time to perform all task with an iPhone than with an iPad when users performed all task firstly in a tablet.

The second group performed the tasks first on a smartphone and then on a tablet. Again we calculated the difference of time to perform each task in the iPhone regard to the iPad. In Table 5 we can see the percentage of time that each participant of the first group needed to perform all tasks on an iPhone regard to the same task on an iPad (the data are in %). The mean increase

in costs over time to perform a task in an ipad over an iphone together is 72%, if participants perform tasks on a smartphone first.

Table 4. Increments of time to perform one task on smartphone vs the same task on a tablet (in %). Participants performed first all task in a tablet and then in a smartphone

T-S	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Mean	SD
P1	28.42	44.83	11.94	30.2	30.19	29.11	11.67
P2	6.667	-26.2	-15.7	-7.19	-15.6	-11.61	12.25
P3	33.33	-5.58	-10.3	1.408	82.13	20.20	38.59
P4	31.09	0	-26	5.195	-17.2	-1.37	22.1
Mean	24.88	3.25	-10.02	7.40	19.90	9.08	18.82
SD	12.31	29.92	16.02	16.05	46.94	13.86	

The second group performed the tasks first on a smartphone and then on a tablet. Again we calculated the difference of time to perform each task in the iPhone regard to the iPad. In Table 5 we can see the percentage of time that each participant of the second group needed to perform all tasks on an iPhone regard to the same task on an iPad (the data are in %). We can see that in general one user will need around 72% more time to perform all tasks in an iPhone than in an iPad when users performed all task first in a smartphone.

Table 5. Increments of time to perform one task on a smartphone vs the same task on a tablet (in %). Participants performed first all task in a smartphone and then in a tablet

S-T	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Mean	SD
P5	55.36	57.98	-10.81	208.15	12.61	64.66	85.33
P6	32.97	31.45	-11.76	75.88	70.80	39.87	35.49
P7	19.28	47.20	84.44	166.45	76.99	78.87	55.36
P8	39.66	86.52	213.04	140.00	48.90	105.62	71.86
Mean	36.82	55.79	68.73	147.62	52.33	72.26	27.47
SD	14.99	23.2	106.3	55.45	29.09	43.64	

The effect of learning the application on a smartphone implies that participants were much more effective in executing the same tasks on a tablet (a device with larger screen) where they needed very few scroll. We can see that the execution times of the tasks performed with an iPhone are much bigger than times of the tasks performed over an iPad. So we can say that users who employ an iPad are more productive if they have learned that application on an iPhone previously. However, if the users learned an application on a large screen device and then they use that application on a small screen device, they can get better times but not as good as with a large screen.

Table 6. Increment (or decrement) of time need to perform a task regarding to estimated times for users who performed the test first with tablet and then with smartphone.

T-S	Tablet					Mean	Smartphone					Mean
	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5		Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	
P1	5.6%	-9.4%	-4.3%	27.5%	10.4%	6.0%	10.9%	16.7%	0.0%	38.3%	32.7%	19.7%
P2	0.0%	14.4%	-9.3%	-16.5%	25.8%	2.9%	-12.7%	-25.0%	-28.7%	-35.4%	-1.9%	-20.7%
P3	41.7%	45.6%	135.7%	77.5%	56.3%	71.4%	54.5%	22.2%	97.3%	50.0%	162.7%	77.4%
P4	7.2%	-3.1%	29.3%	-23.0%	11.7%	4.4%	15.0%	-13.9%	-10.7%	-32.5%	-14.6%	-11.3%
Mean	13.6%	11.9%	37.9%	16.4%	26.0%	21.2%	16.9%	0.0%	14.5%	5.1%	44.7%	16.2%
SD	16.4%	21.3%	58.4%	40.3%	18.5%		24.2%	19.9%	48.9%	39.3%	70.3%	

5.3 Efficiency per device

Participants 1 to 4 performed all tasks on a tablet first and then on the smartphone. In Table 6 we can see the increment (or decrement) of time needed for performing all tasks regarding to the estimated time for each task in each device. These users needed on average 21% more time for finishing the tasks with a tablet whereas they needed on average only 16% more time for performing all tasks with a smartphone. So they needed on

average 5% less time to perform all tasks with the second device when they learned the use of the application with the tablet version.

Table 7. Increment (or decrement) of time need to perform a task regarding to estimated times for users who performed the test first with smartphone and then with tablet.

S-T	Smartphone					Tablet						
	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Mean	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Mean
P5	18.6%	4.4%	-12.0%	73.3%	3.1%	17.5%	-6.7%	-25.6%	5.7%	-32.5%	-0.8%	-12.0%
P6	11.8%	-9.4%	-20.0%	24.6%	-10.0%	-0.6%	2.8%	-22.5%	-2.9%	-15.0%	-42.9%	-16.1%
P7	-10.0%	2.2%	10.7%	72.1%	53.8%	25.8%	-7.8%	-21.9%	-35.7%	-22.5%	-5.8%	-18.7%
P8	-26.4%	-7.8%	44.0%	-5.0%	4.2%	1.8%	-35.6%	-44.4%	-50.7%	-52.5%	-24.2%	-41.5%
Mean	-1.5%	-2.6%	5.7%	41.3%	12.8%	11.1%	-11.8%	-28.6%	-20.9%	-30.6%	-18.4%	-22.1%
SD	17.8%	6.1%	24.8%	33.2%	24.4%		14.3%	9.2%	23.1%	14.1%	16.6%	

On the other hand, Participants 5 to 8 performed all tasks on a smartphone first and then on the tablet. In Table 7 we can see the increment (or decrement) of time needed for performing all tasks regarding to the estimated time for each task in each device. These users needed on average 11% more time for finishing the tasks with a smartphone whereas they needed on average only -22% less time for performing all tasks with a tablet. So they reduced on average 33% less time to perform all tasks with the second device when they learned the application with the smartphone version.

Therefore, we can conclude that the device used firstly to perform the tasks can greatly influence the efficiency of users. Users who used the tablet first needed 5% less time on average to perform the same tasks using a tablet afterwards. But users who have learned the application with the smartphone and then repeated the tasks with the tablet were able to reduce 33% the average time required to perform all tasks. We see that the use of large screen devices can increase very considerably the efficiency of users (see Figure 6)

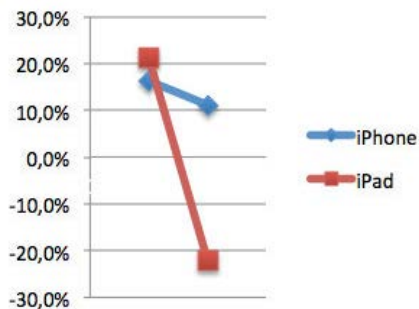


Figure 6. Effect of learning one application on a smartphone can increase considerably the efficiency of the user when they use a tablet afterwards.

5.4 Usability problems detected

All activities of the participants were video recorded during testing. Usability problems reported by participants were annotated while reviewing the recordings after the tests. In Table 9 we can see the number of problems reported by each participant for both the tablet and the smartphone version. We can see that the average number of problems reported for tablets was 6.25 while the average of the reported problems for smartphones was 8.5

We can see that participants who performed the tasks first with a tablet (P1 to P4) reported more usability problems with the tablet (36) than after testing with smartphone (24). However, participants who performed the tests with the smartphone first (P5 to P8) reported more errors (44) when using the smartphone than when testing with the tablet afterwards (14). Moreover, the

number of problems reported using the smartphone firstly was the largest. When these users repeated the tasks with the tablet afterwards, they were more efficient and reported fewer problems.

Table 8. Usability problems detected by users and by device during the tests

	problems detected		Total
	t	s	
P1	9	8	17
P2	4	1	5
P3	10	8	18
P4	13	7	20
P5	5	15	20
P6	4	10	14
P7	2	10	12
P8	3	9	12
Mean	6.25	8.50	14.75
SD	3.92	3.89	5.09

5.5 Usability and effectiveness of the app

After the execution of the 5 tasks in each device, all users filled in a small questionnaire with only three questions to determine the usefulness, ease of use and effectiveness of the application with each device. In Table 10 we can see the results of all participants for both smartphone and tablet.

The effectiveness of the application for the tablet version reached an average of 4.50 points while users evaluated the smartphone version with 3.88 points. Noticeably, a device with a larger screen had a greater perceived usability by users. Such devices allow users to perform tasks more comfortably and perceived effectiveness is higher. The same applies to the perceived ease of use by users that reached 4.63 points for the tablet version while only 3.63 points for the smartphone.

Likewise, the usefulness of the application to solve the daily tasks of the user reached 4.88 points for the tablet version while it only reached 4.38 points for the smartphone version.

It was hoped that the tablet version obtained better results as evidenced by the results of our participants, highlighting the usability of the application with large screen and the perceived effectiveness by users.

Table 9. Results of the useful, easy of use and effectiveness of the application using a tablet or a smartphone

	Tablet			Smartphone		
	useful	easy	effectiveness	useful	easy	effectiveness
P1	5	4	4	5	3	4
P2	5	5	4	5	4	4
P3	5	5	4	4	3	3
P4	5	4	5	4	4	5
P5	5	5	5	5	4	5
P6	5	5	4	4	4	3
P7	4	5	5	4	3	2
P8	5	4	5	4	4	5
Mean	4.88	4.63	4.50	4.38	3.63	3.88
SD	0.35	0.52	0.53	0.52	0.52	1.13

5.6 Perceived usability

After finishing their tests, all participants completed the SUS questionnaire to define the perceived usability of the application. An average of 83.44 (SD = 11.18) was obtained, as we can see in Table 10.

We observed that participants who performed the tasks first with the tablet and then the smartphone obtained a mean score of 82.5 (SD = 8.17) while participants who performed the tasks first

with the smartphone and then with the tablet got a mean score of 84.34 (SD = 14.91)

As we can see, the perceived usability for users who first performed tests with a small screen device is greater than if you first use a large screen device. By using a smartphone where the user needs more time to perform all tasks and then that user performs all tasks with a tablet, we obtained that the perceived usability of the application is greater than users performed the tasks first with tablet and then with the smartphone.

Table 10. Results of the SUS questionnaire

	SUS
P1	82.5
P2	82.5
P3	72.5
P4	92.5
P5	95.0
P6	92.5
P7	62.5
P8	87.5
Mean	83.44
SD	11.18

6. CONCLUSION

In this research we observed how the use of large screen devices could improve the efficacy of the users when they have to accomplish complex tasks.

All users could be able to perform all proposed tasks both on a tablet and a smartphone, or at least they thought they had finished their tasks successfully. Only two participants did not finish a couple of tasks completely in a smartphone. So in general we can say that complex tasks can be performed also in a smartphone although the same task performed in a large screen device will be executed more efficiently.

Normally one user needs more time to complete one task in a smartphone than the same task in a tablet. This time can increase considerably when user has to type any text on the device or has to search any information in a small screen device. Users who employed a smartphone first and then a tablet took much less time to perform the tasks in the tablet. When we gave first a smartphone to the users and asked them to perform the tasks, they usually needed the same or less time than we had estimated, but when they performed the same tasks with the tablet, the learning effect was greater than if the users would have been trained firstly with a tablet (see Fig. 6)

We can conclude that one tablet user can be until 72% more productive on a tablet than on a smartphone. When we asked users to perform the tasks on a smartphone, and then on a tablet, we could observe that users needed much less time to complete all the tasks. The perceived usability of the application is slightly greater when users employed a smartphone for the first time. When a user has to perform a task with a large screen device, she/he normally feels more comfortable and his/her perceived usability of the app will increase. The usability problems reported when performing the tasks with a tablet are lower in average than the usability problems reported when performing the tasks with a smartphone. When the users have to perform the tasks with a smartphone firstly report the biggest amount of usability problems.

As future work we are planning to analyze the same research questions of this study, with more users and more tasks to obtain a new index of performance. We want to calculate how much

more productive can be a user using a tablet instead of a smartphone. And moreover we will check if professional users performing all the tests will obtain better results.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank to all participants in this experiment and especially to Imagic Creativos for permitting the use of his laboratory in his company.

8. REFERENCES

- [1] Bangor, A., Kortum, P. T., Miller, J. T. 2008. An empirical evaluation of the system usability scale. *Intl. Journal of Human-Computer Interaction*, 24, 6, 574-594.
- [2] Bevan, N. 2009. International standards for usability should be more widely used. *Journal of Usability Studies*, 4,3, 106-113.
- [3] Brooke, J. 1996. SUS: A 'quick and dirty' usability scale. *Usability evaluation in industry*. 189-194.
- [4] Computer monitor buying guide. <http://www.digitaltrends.com/buying-guides/computer-monitor-buying-guide/#!BkZYF>
- [5] Dell'Amico, M., Díaz, J. C. D., Iori, M., & Montanari, R. 2009. The single-finger keyboard layout problem. *Computers & Operations Research*, 36,11, 3002-3012.
- [6] Dillon, A., Richardson, J., Mcknight, C. 1990. The effects of display size and text splitting on reading lengthy text from screen. *Behaviour & Information Technology*, 9,3, 215-227. doi:10.1080/01449299008924238
- [7] Findlater, L., McGrenere, J. 2008. Impact of screen size on performance, awareness, and user satisfaction with adaptive graphical user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '08*, 1247-1256.
- [8] Laptop Buying Guide 2014: 9 Essential Tips <http://blog.laptopmag.com/laptop-buying-guide>
- [9] Nielsen, J. 2000. Why you only need to test with 5 users. <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>
- [10] Quinn, J. M., Tran, T. Q. 2010. Attractive phones don't have to work better: independent effects of attractiveness, effectiveness, and efficiency on perceived usability. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '10*. 353-362.
- [11] Rubin, J., Chisnell, D. 2008. Handbook of usability testing: howto plan, design, and conduct effective tests. John Wiley & Sons.
- [12] Sanchez, C. A., Branaghan, R. J. 2011. Turning to learn: Screen orientation and reasoning with small devices. *Computers in Human Behavior*, 27, 2, 793-797.
- [13] Sanchez, C. A., Goolsbee, J. Z. 2010. Character size and reading to remember from small displays. *Computers & Education*, 55, 3, 1056-1062.
- [14] Schmitz, B., Zwick, C. 2006. Designing for Small Screens. AVA Publishing.
- [15] Ziefle, M. 2010. Information presentation in small screen devices: the trade-off between visual density and menu foresight. *Applied Ergonomics*, 41,6, 719-3

Identifying Optimal Attributes in 3D Interface Devices

Martin Henschke

Research School of Computer Science
Australian National University
0200 ACT Australia
martin.henschke@anu.edu.au

Tom Gedeon

Research School of Computer Science
Australian National University
0200 ACT Australia
tom.gedeon@anu.edu.au

ABSTRACT

We measured the precision and ease of use of three separate interface devices designed to be operated in 3D space, specifically with 3D environments and tasks. A gyroscopic, handheld mouse, a finger mounted gyroscopic mouse and a wired glove accompanied with a Microsoft Kinect were used to see which attributes of the devices were most important in their use. Results found interfaces with the closest analogue to typical computer usage performed the best, with participants commenting mainly on the importance of precision and accuracy over the ‘naturalness’ or appropriateness of the style of interface. We conclude that usability factors and maximizing user effectiveness in an environment far outweigh UX concerns of immersion or closeness to interface paradigm.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *graphical user interfaces (GUI)*.

General Terms

Experimentation, Human Factors

Keywords

3D Visualizations, Virtual Environments, 3D Input Devices

1. INTRODUCTION

3D environments and data visualizations have become a common element of modern computer usage. From their basic and most common setting in video games, to virtual interactive spaces such as second life, and even in more contemporary settings such as search engines and map displays, the need for users to be able to interact with data in 3D is now commonplace. This has allowed a more intimate way of being able to view and manipulate data, as well as providing a more engaging interface for the user. With this, however, has come an increased interest in finding novel and better interface methods to interact with this data; as typical inputs are constrained to 2 dimensions, additional input is required to perform navigation and movement in the additional dimension presented. Interfaces which better relate to the environments the user is interacting with are of chief interest among these.

typical end user; though exceptions exist, device manipulation remains the typical method of interacting, even in 3D spaces.

There exists a class of devices that can be used in a standard 2D setting, but are operated by the user in a 3 dimensional space. These devices also use a suite of sensors to capture human movement but with the device in-hand, users are easier able to make precise interactions such as button presses for interacting with and manipulating data, as well as avoiding the ambiguity that comes from classifying and working with gestures, while still retaining the richness of 3D interactivity.

In this paper we will be exploring the aptitude these devices have for operating in 3D environments, and what elements make them suitable for this sort of operation. Several devices have been selected with various elements that we hypothesize are important in working in 3D environments for analysis and comparison with a user base to determine the most important considerations in selecting appropriate devices for interfaces, or in designing such devices.

2. BACKGROUND

Several examples exist in the literature of interfaces that make use of 3D pointing or similar devices in interacting with large displays. The MIT Media Room[1] combined a motion sensor attached to the finger with spoken voice commands for absolute pointing on a large display. Angus and Sowizral[2] discusses methods for translating 2D interface devices to operate in a 3D virtual environment. A study comparing Wii remote and Kinect interfaces found a hands free interface performed tasks faster and was preferred by users to the Wii interface, which used in-built accelerometers rather than arm movements for tracking[3]

Hands-free interfaces or those with small or ubiquitous controllers are frequently used in virtual environments. Bowman and Hodges[4] considered a series of arm techniques used for object manipulation in 3D spaces, finding no clear preference between users. Another study by Cabral et al.[5] suggested users found value in the immersiveness of interface techniques in virtual spaces, although traditional mouse input tended to have higher performance.

3. EXPERIMENT DESIGN

The research question of this paper is, when using a device to perform pointing an object manipulation in a 3D environment, *what factors of the device impact its optimality?* We define a device as any non-ubiquitous object manipulated by the user to interact with the system, and its optimality by the factor of how well it performs, how consistent it is found to perform and to what extent it is favoured or preferred by users. We set out to explore this problem with an experiment, measuring optimality of a series of interfaces in an attempt to isolate these important factors.

3.1 System

The environment the experiment has been conducted in is presented to the user as a bounded 3D space. Within this space, a series of objects are presented to the user which they are able to interact with, given a set of rules explained at the top of the screen and by the experimenter. These include the ability to select specific objects on the screen, and to pick up and drop them, locking them to the on-screen cursor until the user lets them go. The graphical style of the interface is that of a castle, with large rooms connected by corridors. The environment is not navigable by the user; instead the system determines where the user is to be taken depending on what stage in the trial they have achieved. The environment was displayed on a wall-mounted flat screen television, with users standing 1-2 meters away from it.

A cursor was displayed to indicate where the user's pointer was positioned as a rotating star. The star would release a burst of smaller stars when a selection action was performed by the user, and would change color from green to red when the user was attempting to perform a drag. Objects on screen would also change colour or otherwise make it clear if they were being selected and dragged successfully.

There were a total of three variations on the tasks that users were asked to perform:

- Selection tasks, in which the user was asked to select a series of ghosts that appeared in random positions and sizes on the screen. Selecting each target would cause it to disappear and a new one to appear. Ten ghosts needed to be selected to progress.
- Grabbing tasks, in which the user had to select a key appearing at the bottom of the screen and drag it over a target area (a locked door). The key had a consistent size, so this exercise judged moving the object around in 3D space.
- Dropping tasks required the user to select a series of randomly positioned and sized fireflies in a room, grab them and drop them inside a small cage at the centre of the screen.

The selection interaction was required for each experiment and was used as a base measure of performance in the trials. The drags and drops, being more difficult tasks to perform were measured separately.

3.2 Input Devices

Three separate input devices were tested in this experiment: Figure 1 shows each of the three devices, as well as the hand dynamometer used in analyzing arm strength and fatigue.

3.2.1 Gyroscopic Air Mouse

The Omni Motion Air Mouse can operate as both an optical and gyroscopic pointing device. It is roughly the same size and button layout as a standard desktop mouse. An internal gyroscope is capable of detecting sensitive rotation of the device, and this was used exclusively by participants in moving the cursor on the screen with this device. The device was held in the palm of the user's hand, with the thumb being used to access buttons. The left and right mouse buttons were used for selections and grabs respectively.

In our experiment, the gyroscopic mouse is the closest analogue to a traditional mouse used in typical computer usage, and was the one expected to be most familiar to users.

3.2.2 Wired Glove and Camera

A combination of an Essential Reality P5 Wired Glove and the Microsoft Kinect were used to produce a direct pointing interface in the simulation. The Kinect sensor captured the skeleton position of the user, and used the vector between the elbow and wrist to project a line that determined the direction the user was pointing. By calibrating the users pointing to a monitor surface, the user was able to point their arm from any orientation and any position to move their cursor on the screen.

The actual selection and grab interactions were captured by the P5 wired glove, worn on the right hand. A series of bend sensors along the fingers were used to capture the flexion of each digit. In our experiment, flexing the index finger was used to indicate a selection, while forming a fist and flexing all digits performed a grab. As the glove is strictly handed, only right handed or ambidextrous users were able to participate.

This interface provided the greatest degree of user-system interaction, as pointing was direct and user-defined, so besides explaining its operation, almost no training was necessary to learn to use it.

3.2.3 Finger Mouse

The Neo Reflections Wireless 3D Finger Mouse operates with the same technology as the gyroscopic mouse, i.e. an internal gyroscope that measures rotation to move the cursor. However, the device is substantially smaller in size and is mounted by a small plastic mount to the index finger of the user. Only small movements of the index finger are necessary to move the cursor rather than full hand movements. The device is also substantially lighter, and remains dormant unless the user touches their thumb to the outside of the casing.

Being the lightest and most sensitive of the devices, we anticipated this would have very high performance. Of interest to the outcome of this experiment is that both this device and the Gyroscopic Air Mouse can also operate as typical optical mice.



Figure 1. The devices used in the experiment

3.3 Experiment Methodology

Each experiment conducted had a participant use two of the three devices in sequence. Each trial involved ten selection tasks, ten grabbing tasks and ten grabbing and dropping tasks. After

completing each task in a trial for a single device, the participant was permitted a 5 minute break before performing the second.

At the end of each experiment, users were asked to fill out a short questionnaire providing their preference for each device on a Likert scale and in a series of qualitative comments. In addition to this, on the suggestion of an occupational therapist, a grip dynamometer test was employed at the end of each trial to measure changes in arm strength over the course of the experiment (in the event fatigue physically weakened participants).

In addition to this, the program recorded all actions the user took in operating the system. As targets and objects displayed in the visualization were in 3D, target size and distance from cursor were calculated in post-processing of data. This information informed us of how quickly users made selections and grabs, how long each task took and how many errors or mistakes were made in the process.

4. RESULTS

A total of 18 participants were used in this experiment. Each couplet of trials had a total of 6 participants, so each device was used and reported on 12 times.

4.1 Performance

Each device was analyzed according to a Fitts's Law projection, but none produced a sufficient correlation consistently for their values to be meaningful in this experiment. This was expected to be for two reasons: firstly, the difficulty of tasks never had a great variance in difficulty, or $(\log_2(1 + \frac{D}{W}))$ as measured by the law, as very small targets were considered unfeasible for selection in the interface. Secondly, a degree of smoothing was applied to the ballistics of cursor movement; this was added as a necessity to the Glove interface due to imprecisions in the Kinect and carried over to other devices to ensure consistency. The addition of this smoothing we believe encouraged users to focus on precision, despite being informed the trial was timed; this shows as error rates are very low for all devices but a much higher variance in time taken. Analysis of devices using Fitts's Law, therefore, was unhelpful.

Instead, we compared the overall time taken for each device in the trials to determine which tended to perform the fastest. We also used the standard deviation to determine how consistent each device was to use, and whether or not there was a great deal of variation in its movement. Tables 1 and 2 show the results of this analysis.

For the first set of trials, performing basic selections of objects, the fastest device was found to be the Air Mouse, with the Glove having the worst performance. However, while the Finger Mouse was notably slower, it had substantially less variation in user performance, suggesting it could be used more consistently in these trials.

Table 2. Mean Times and Standard Deviation for Each Device in Performing Selection Trials

Device	Mean Time (μ)	Standard Deviation (σ)
Air Mouse	2.68s	1.54
Finger Mouse	2.84s	1.18
Glove	3.30s	1.75

Table 2. Mean Times and Standard Deviation for Each Device in Performing Grab and Drop Trials

Device	Mean Time (μ)	Standard Deviation (σ)
Air Mouse	2.85s	1.88
Finger Mouse	4.03s	3.29
Glove	4.81s	4.21

The second set of trials was less ambiguous, with the Air Mouse having both superior speed and consistency in its results when compared to the other devices. The trials also show the glove to be the worst performing interface. This could partly be the fault of the bend sensors on the glove, which were at times unresponsive (particularly if participants had small hands), and also an issue with the Kinect which occasionally suffered from a lack of precision that at times made tasks (especially the grab and drop tasks) very difficult for users. Several instances also existed in trials of users having to stop and rest their arms or reposition themselves in an attempt to reset the sensor.

4.2 Preference and Fatigue

In the questionnaire, users were asked to rank their preference of the two interfaces they were given, and list reasons why, as well as comment on any fatigue they may have experienced and issues they had using any of the interfaces.

Of the three input methods, the Air Mouse was the most popular; 8/18 participants stated it was their preferred device. 6/18 participants indicated they preferred the finger mouse, while 2/18 stated the glove was their preferred interface. In giving feedback on issues or reasons for their preference, we were able to identify 5 general areas participants discussed in their feedback: Imprecision with the interface, too sensitive, slow or unresponsive, fatiguing to use and unnatural feeling. Figure 2 shows how many times each device was mentioned in user comments with these issues.

The most commonly reported problems were to do with precision and sensitivity of the interfaces, having difficulty in selecting objects with ease or speed. Other reports included problems with the equipment failing to recognize movements; this was an issue solely of the glove that had set thresholds for accepting bends that users had difficulty in determining. Fatigue was reported by some users but only mentioned as a usability issue in the instance of the glove. Interfaces were also referred to as 'unnatural' or 'strange feeling' at times, and this seemed to be a subjective measure.

Dynamometer data was taken from participants but results were not consistent enough to be reportable. Participants would both increase and decrease from their baseline after trials, by varying amounts. As a result, we found the dynamometer was not a useful measure of fatigue or effectiveness after using these devices. The change in readings from baseline dynamometer results after every trial are listed in Table 3.

Table 3. Mean change of average dynamometer recordings from baseline to after trial with device

Device	Change in Reading
Air Mouse	1.34
Finger Mouse	2.10
Glove	0.07

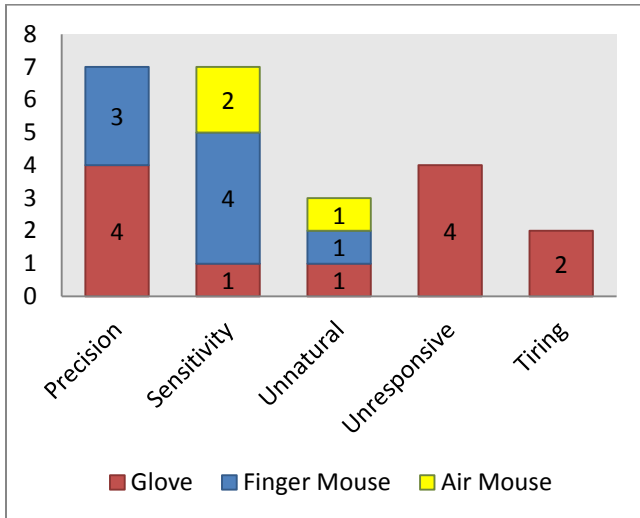


Figure 2. Mean Times and Standard Deviation for Each Device in Performing Selection Trials

Users did however report fatigue for each device on a scale in the questionnaires. The mean fatigue participants experienced with each device is listed in Table 4.

Table 4. Reported fatigue from each interface on a scale from 1 to 7

Device	Mean Fatigue
Air Mouse	2.66
Finger Mouse	4.00
Glove	5.92

5. DISCUSSION

In observing the performance of each device it is clear the gyroscopic mice greatly outperformed the camera-based interface. While some of this may be due to imprecision in the bend sensors on the glove, it is more greatly attributed to the far higher level of precision the mouse was able to produce over the Kinect. Issues with skeletal tracking with the Kinect camera would often lead to the pointing location changing erratically during trials, as the elbow and shoulder are frequently eclipsed from view when participants operate the interface. Measures such as changing posture and position came some way to fixing this but the interface was never as smooth and precise as the gyroscopes.

It was surprising to see a substantially higher performance with the air mouse over the finger mouse, given both operate with effectively the same internal technology. Part of this success may be attributed to the device being larger and thus easier for participants to handle, or the analogue between it and using a standard desktop mouse (which many commented as being one of

its strengths in the questionnaires). Differences in simple selection are relatively small, but in performing the more delicate task of moving objects around the screen, the mouse was found more precise by participants.

The differences between the results between the Air and Finger mice is interesting, since we expected better results with the Finger mouse, as the weight of the device is reduced, and so user pointing would be more similar to natural pointing with our hands. This contrary result is consistent with results in a paper on wands and other holdable devices [6]. It seems likely that holding a device is beneficial. In our future work we can investigate device size and weight and time trade-offs, as surely there are a maximum sizes/weights that meaningfully affect the way users point, and length of experiment, which could objectively demonstrate fatigue effects of different devices.

The results of the questionnaire were similarly revealing to the priority of the user when considering the design principles of the experiment. The majority of criticisms levelled at the system were to do with difficulty in performing small or precise movements with the system; where these interfaces acknowledge and work with the fact they suffer from poorer precision in these environments but provide a greater level of immersion and connection to the interface as a tradeoff. With only 3 comments regarding this (and no positive comments), this suggests that users prioritize performance, particularly precision over the user experience.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to the subjects who participated.

7. REFERENCES

- [1] Bolt, R.A. 1980. "Put-that-there": Voice and gesture at the graphics interface. *SIGGRAPH Computer Graphics*.
- [2] Angus, I.G. and Sowizral, H.A. 1995. Embedding the 2D interaction metaphor in a real 3D virtual environment. In *Proceedings of the SPIE 2409, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems 2*.
- [3] Francense, R., Passero, I., and Tortora, G. 2012. Wiimote and Kinect: gestural user interfaces add a natural third dimension to HCI. In *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*.
- [4] Bowman, D.A. and Hodges, L.F. 1997. An evaluation of techniques for grabbing and manipulating remote objects in immersive virtual environments. In *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D Graphics*.
- [5] Cabral, M.C., Morimoto, C.H., Zuffo, M.K. On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments. In *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-Computer Interaction*.
- [6] Henschke, M., Gedeon, T., Jones, R., Caldwell, S., and Zhu, D. 2013. Wands are Magic: A comparison of devices used in 3D pointing interfaces. *Human-Computer Interaction-INTERACT 2013*.

An approach to improve user experience with conversational recommenders through a 3D virtual environment

David Contreras
Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Arturo Prat, Chile
Dept. Matemàtica Aplicada i Anàlisi,
Universitat de Barcelona, Spain.
dcontrag@maia.ub.es

Maria Salamó, Inmaculada Rodríguez,
Anna Puig
Dept. Matemàtica Aplicada i Anàlisi,
Universitat de Barcelona, Spain.
{maria, inma,anna}@maia.ub.es

ABSTRACT

Nowadays e-commerce websites offer users such a huge amount of products, which far from facilitating the buying process, actually make it more difficult. Hence, recommenders, which learn from users' preferences, are consolidating as valuable instruments to enhance the buying process in the 2D Web. Indeed, 3D virtual environments are an alternative interface for recommenders. They provide the user with an immersive 3D social experience, enabling a richer visualisation and increasing the interaction possibilities with other users and with the recommender. In this paper, we focus on a novel framework to tightly integrate interactive recommendation systems in a 3D virtual environment. Additionally, we evaluate the framework based on several usability criteria. Results demonstrate that users positively valued the experience.

Categories and Subject Descriptors

I.3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques; H.5.2 [User Interfaces]: Interaction styles

General Terms

Theory

Keywords

Collaborative Conversational Recommenders, Intelligent Collaborative 3D Interface, 3D Virtual Worlds

1. INTRODUCTION

These days, many e-commerce sites offer users recommendations to help them with information overload. Critiquing-based recommender systems are a kind of interactive Conversational¹ recommenders [5] which help users to navigate

¹In this work the term "Conversational" is employed in the scope of the Recommender Systems, but it does not refer to

through a product space, alternatively making product suggestions and eliciting user feedback in the form of critiques [1]. Collaborative Conversational Recommenders (CCR) [2] exploit not only the critique-based feedback of the user, but also the on-line collaboration between users who have similar or different goals.

Recommendation engines are widespread in the (2D) web where they provide an interactive experience to users, and where users may collaborate using chat, messages and social networks. Nevertheless, 3D interfaces further facilitate the collaboration among users, who feel immersed and have better social interaction with each other. Additionally, virtual agents can provide personalized services, and then increasing consumer trust in e-commerce [3]. Currently, little research has been done on the integration of recommender systems in 3D virtual environments and, as far as we know, no one is conversational [6].

In this paper, we present a novel framework to integrate recommendation systems in 3D virtual environments. Specifically, we propose to integrate a Collaborative Conversational Recommender (CCR) in a 3D social virtual world to provide users with an immersive and collaborative recommendation experience. This framework is composed by three layers: the interface layer, the communication layer and the recommender layer. Interactions flow as messages between the user layer and the recommender layer across the communication layer. Moreover, this framework deals with both individual and collaborative critiques. Finally, we evaluate the approach by means of different usability criteria, learnability, satisfaction, effectiveness, and both perceived and real efficiency.

2. PROPOSAL

This section presents our Collaborative Conversational Recommender (CCR) framework.

Figure 1 shows the three layers in the CCR framework. In the top of the figure, the *3D Collaborative Space Client* is an immersive 3D virtual space where users interact with the recommender and with each other to acquire a desired product. In the bottom of the figure, the *Collaborative Conversational Recommender* layer hosts recommendation algorithm. A typical user action inside of a 3D VW such as text chat.

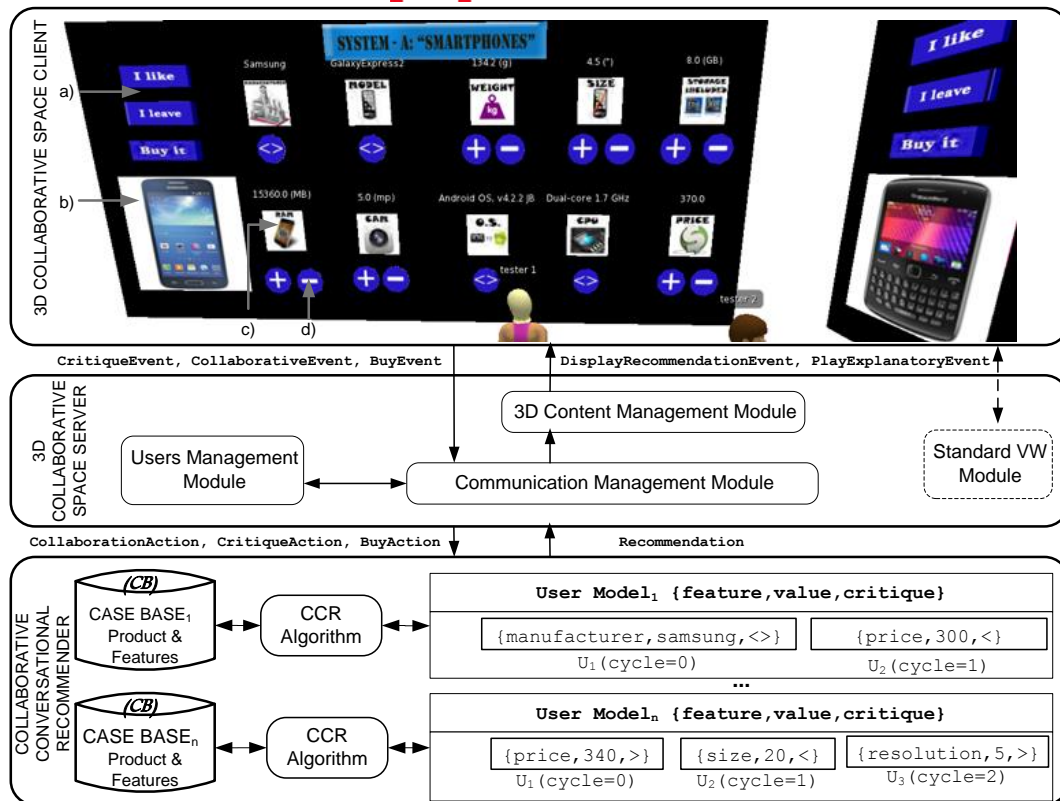


Figure 1: 3 layers CCR framework

ritms, case bases (CB) and users models needed for the recommendation process. In the middle of the figure, the *3D Collaborative Space Server* is the communication layer responsible for the connection between previous –interface and recommender– layers, as well as for users and 3D content management.

A typical session with a conversational (interactive) recommender consists of a series of recommend-review-revise-update cycles, where both the user and the recommender actively participate. A recommendation cycle starts when the recommender (in the CCR layer) provides the user (in the *3D Collaborative Space Client* layer) with an initial product. This is done by means of the communication layer which connects both layers. Then, the user can critique one feature of the product, for example “I want a less expensive camera price”. She performs the critique by interacting with the visual elements in the interface, see the *3D Collaborative Space Client*. Next, the critique is sent as a message to the communication layer (*3D Collaborative Space Server*) that sends the critique to the *Collaborative Conversational Recommender (CCR)*. In this layer, the CCR Algorithm selects the next product recommendation based on the full set of products in the case base, *CB*, and the preferences stored in the user model, and the cycle starts again. The process finishes when the user either finds (and buys) the desired product or give up the recommendation process.

These successive cycles represent a conversational recommendation process, where a sole individual interacts with the

recommender. Nevertheless, the CCR framework contemplates a new recommendation process, described in depth in section 2.3, which supports both individual and collaborative critiques. Hence, users perform collaborative actions (I like and I leave) to move between individual and collaborative critiquing states. On the one hand, when a user who is critiquing a product individually, *guest user*, likes the product that the recommender is currently suggesting to another user, the *host user*, the *3D Collaborative Space Client* provides the former with visual interactive elements to start the collaboration. Then, the *guest user* performs the so-called *I Like* action. After this action, both users change to collaborative critiquing state. On the other hand, at any time the *guest user* is free to continue alone the recommending process. To this end, the user performs the so-named action *I leave* (in the host user recommender) and back to individual critiquing state. Note that a host user can be collaborating with any number of guest users at the same time. In the following we detail each layer in the proposed CCR framework.

2.1 Collaborative Space Client

The *3D Collaborative Space Client* is an immersive 3D virtual space where users, represented as avatars, interact each other and with the recommender by means of a 3D Recommendation Object (RO). Therefore, this object facilitates user-recommender interaction.

The top of Figure 1 shows two users, each one situated in front of a 3D RO, which is a 3D panel consisting of several

visual and interactive elements: a) corresponds to interactive elements for performing collaborative actions (I like and I leave) or for finishing (Buy it) the recommendation process when the user reaches the desired product, b) is an image of the current recommended product, c) are visual affordances representing the features of the current recommended product, with the value of the feature on top of it, and d) displays one (<>, different than) or two (+,-) interactive icons the user touches for critiquing nominal features such as manufacturer or numerical features such as price, respectively.

2.2 Collaborative Space Server

This layer fulfills the standard functions of a 3D virtual world server, which support the execution of an online multi-user 3D environment, see dotted squared on the right part of middle layer in Figure 1. Additionally, it incorporates three modules which facilitate the collaborative conversational recommendation: communication, users, and 3D content management. Next, we introduce them.

The *Communication Management Module* maps user's events to recommender's actions and, in reverse, recommender actions to user events. To do so, it requires user information to the *Users Management Module*, which stores and manages users' information such as user identification and state (individual or collaborative critiquing), and the 3D RO the user is interacting with. The user interactions in the previous layer, the *3D Collaborative Space Client*, triggers three user events which are mapped to recommender actions: the *CritiqueEvent* when the user performs a *critique* by touching the visual element annotated as d) on the 3D RO (see Figure 1); the *CollaborativeEvent* when the user wants to collaborate with another user and to do so she performs the *I like* action or, in contrary, she performs the *I leave* action to finish the collaboration; and finally, the *BuyEvent* when the user has found a suitable product she performs the *Buy it* action. The *3D Content Management Module* is in charge of displaying, *Display-RecommendationEvent*, a new product recommendation on the 3D RO, and playing, *PlayExplanatoryEvent*, the sound which informs the user that she has found a suitable product.

2.3 Collaborative Conversational Recommender

CCR layer contains the following elements: recommendation algorithms (CCR algorithm), case bases (CB) and users models needed for the recommendation process. CCR algorithm is based on Incremental Critiquing (IC) [4] algorithm. However, CCR algorithm includes critiquing and *selection* of product candidates from a collaborating user (called a *host user*). Particularly, in CCR the set of products or cases for recommendation is defined as a case base $CB = \{p_1, \dots, p_n\}$ where p_i is the i th product. Additionally, in CCR the user model $U = \{U_1, \dots, U_k\}$ contains a set of critiques where each U_j is the j th critique.

The CCR algorithm works in four phases (i.e., recommend, review, revise and remodel). First phase is devoted to **recommend** a new product to the user from the case base. This recommendation comes from one of the following options: (1) the recommended product is a selection made

using a *CollaborationAction* (I like) when initiating a collaboration with a host user; or (2) the recommendation is based on current query and previous *critiques* if there are any in the user model. In both options, this phase returns a product recommendation. In the **review** phase, a *Recommendation* is sent to the 3D Collaborative Space Server (see Figure 1) which maps to an event showing the recommended product in the 3D Collaborative Space Client and the user *reviews* current recommendation by introducing some feedback. There are three feedback mechanisms available: the *CollaborationAction*, the *CritiqueAction*, and the *BuyAction*. First mechanism occurs with *CollaborationAction*, which generates a product selection for the user that starts a collaboration with another user, host user. Second mechanism ensues when the *CritiqueAction* is performed through a critique element in 3D interface. Third mechanism is the *BuyAction*, which generates a product selection for the user and denotes that CCR cycle will be finished as the user has found a suitable product. In addition to receiving feedback, this review phase is in charge of removing current product recommendation from the case base. Third phase is focused on the **revision** of current product query for next cycle. Finally, CCR cycle finishes **remodeling** the user model (U) according to the feedback provided in the review phase. Some critiques or the selected product may be inconsistent with earlier critiques. According to this need, this phase includes two steps. First, it removes those critiques that contradict current feedback. Second, it reforms those critiques for which the new critique or the product selection is a refinement.

CCR terminates the recommendation process either when the user retrieves a suitable product or when she explicitly finishes it with the (*BuyAction*).

3. USER EVALUATION

This section reports results of user tests performed to evaluate our proposal. We focus on different usability criteria such as learnability, perceived effectiveness, efficiency, and satisfaction.

3.1 Methodology

We recruited 20 participants who performed two tasks in pairs and answered a post-test questionnaire using a seven-point likert scale where 1 corresponds to "strongly disagree" and 7 to "strongly agree" (see Table 1). The first task was a collaborative recommendation task with similar targets and the second one was with dissimilar ones. We used a SMARTPHONE data set, which consists of 1722 SMARTPHONE products with 5 nominal and 9 numerical features.

3.2 Results

Figure 2 depicts the results obtained from the post-test questionnaire (see Table 1). Figure 2 is described as a stacked column chart that details for each question the number of responses received in a seven-point likert scale.

Overall, the quantitative results obtained from the questionnaire are very satisfactory. It is worth noting that 83% of the responses were ranked with 5 or more points, none of the participants replied questions with a minimal score (1

Table 1: Post-test questionnaire

ID	Statement
Q1	It has been easy to learn how to interact with the recommender in the 3D virtual environment
Q2	It has been easy to learn how to interact with another user in the 3D virtual world interface
Q3	I found searching for a product when I have been collaborating with another user more rewarding and entertaining
Q4	I feel that it took me less time to arrive to a target when I have collaborated with another user and I have selected their product
Q5	I found the 3D interface to collaborate with other users useful
Q6	I believe that the product bought in each session was the best for me
Q7	I found the 3D collaborative interface useful for buying products using a recommender system
Q8	The recommender assisted me in the achievement of (buying) tasks, it had all the functions and capabilities I expected it to have
Q9	Overall, the system was easy to use
Q10	I will use this system for buying products in the future

value). Considering the learnability of the CCR environment (i.e., questions Q1-Q2), participants' responses show that the users found the system easy to learn.

Nearly all participants (19 over 20) ranked over 5 points Q1, which represents a 95% of the users. Moreover, in Q2 the evaluation is very satisfying too as 18 participants ranked over 5 points. With regard to the users' satisfaction about the ease of use of the recommender, results of Q9 show that 18 participants positively evaluated this aspect with more than 5 points. Furthermore, answers to questions Q7 and Q5 denote that a 75% of users perceived that the recommender aided them in searching of a product.

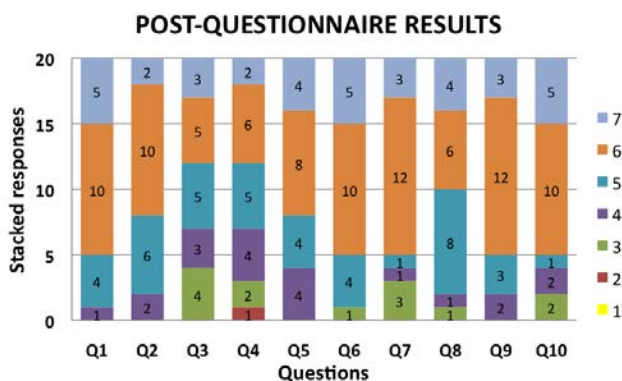


Figure 2: Grouping rating for each one of the questions in the post-questionnaire

In addition, user's opinion about the functions and capabilities of the system for aiding them to buy a product is very satisfactory (Q8 shows that only 2 participants ranked it with a value lower than 4 points). Moreover, when they were asked about their intention to use this system for a similar task in the future (Q10), 16 participants ranked this question with more than 5 points, which means that users have a good perception about the usefulness of such an integra-

tion of a collaborative conversational recommender (CCR) within a 3D virtual world. Moreover, during the test, users were comfortable when collaborating with other users (Q3 with 13 participants over 5 points).

Related to users' efficiency perception, during the test, users felt they finished the recommendation process in less time when they collaborated with other users. Thus, the majority ranked with 5 or more points question Q4 (13 participants).

User's perceived accuracy is reported in question Q6 whose results denote that 15 of the 20 users rates, with a 6 or 7 value, that their final product selected using CCR framework is the best for them. Put it differently, 75% of users perceive that their final selection has been accurate enough. If we include those that consider this question with a 5 value in the scale, the satisfied users with their final selection increase to 95%.

4. CONCLUSION

In this paper, we have proposed a new framework to integrate a Collaborative Conversational Recommender (CCR) in a 3D social virtual world. Additionally, we have described in depth the three layers of the CCR framework. We carried out a user evaluation of our proposal with two tasks. The results are positive attending to different usability criteria, such as learnability, efficiency, effectiveness perceived and satisfaction. In the post-test questionnaire 83% of the responses were ranked with 5 or more points and none of participants replied questions with a minimal score. To date our proposal is the first approach that integrates a content-based recommender algorithm within a 3D virtual environment.

5. ACKNOWLEDGMENTS

D. Contreras is supported by a doctoral fellowship "Becas Chile". This research has also received support from the project TIN2012-38603-C02, CSD2007-0022, TIN2011-24220 and TIN2012-38876-C02-02 from the Spanish Ministry of Science and Innovation.

6. REFERENCES

- [1] L. Chen and P. Pu. Critiquing-based recommenders: survey and emerging trends. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(1-2):125–150, 2012.
- [2] D. Contreras, M Salamó, I. Rodríguez, and A. Puig. Integrating a Conversational Recommender System within a 3D Collaborative Environment. In *Proceedings of the XV Conf. of Spanish Association for Artificial Intelligence*, pages 89–98, 2013.
- [3] Martin Holzwarth, Chris Janiszewski, and Marcus M Neumann. The Influence of Avatars on Online. 70(October):19–36, 2006.
- [4] J. Reilly, K. McCarthy, L. McGinty, and B. Smyth. Incremental critiquing. *Knowledge-Based Systems*, 18(4-5):143–151, 2005.
- [5] B. Smyth. The adaptive web. chapter Case-based Recommendation, pages 342–376. Springer-Verlag, 2007.
- [6] B. Xu and Y. Yu. A Personalized Assistant in 3D Virtual Shopping Environment. *Second Int. Conf. on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, pages 266–269, 2010.

Pósteres

How to textually describe images in medical academic publications

Bruno Splendiani

Library and Information Science Department
University of Barcelona, Melcior de Palau, 140, 08014,
Barcelona, Spain
Tel. 0034. 93 40 34017
splendiani@ub.edu

Mireia Ribera

Library and Information Science Department
University of Barcelona, Melcior de Palau, 140, 08014,
Barcelona, Spain
Tel. 0034. 93 40 34017
ribera@ub.edu

ABSTRACT

Figures in medicine publications are an essential source of information, but people with visual impairments cannot access them. The publishing workflow adopted by biomedical publishers does not include acceptable accessibility recommendations. A main solution to image accessibility is the inclusion of an alternative text. The article presents a proposal of supporting authors in the creation of appropriate textual alternatives by means of a decision tree, which would guide authors through the process of selecting where and how to include a text alternative, and a checklist of items for a comprehensive description of the figure content in the caption.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [User/Machine Systems]: *Human factors*

General Terms

Human Factors

Keywords

Accessibility, electronic publishing, alternative text

1. INTRODUCTION

Figures are a source of information particularly important in biomedical literature [1]. However, highly cited journals are not recommending the application of alternative text in their submission guidelines [2]. Due to the lack of a meaningful text alternative to images, blind people are prevented from accessing the visual content of journal articles. The current guidelines on how to create image-related text offered by organizations such as NCAM [3], DIAGRAM [4] or ONCE [5] do not focus on the description of figures in specific domains.

The results of a survey conducted among biomedicine specialists on how they read articles [6] drove us to take into account all texts associated to images provided in academic papers as reliable text alternatives, as suggested by other authors [1]. DIAGRAM allows the use of captions instead of an alternative text, on condition that the caption is sufficient to describe the image to non-visual users [7]. This solution is also accepted by WCAG

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference'10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

guidelines [8]. We performed a semi-structured interview in Barcelona (Spain) between September and October 2013 with 25 researchers in the biomedical field from different universities and research labs, observed performing the tasks of image creation and preparation for publishing during their daily work in their environment. We did also a revision of submission guidelines and a literature research. The face-to-face semi-structured interviews allowed us to gain insight into the current publishing practices and significance of images. A complete analysis and discussion of the interview's results is reported by Splendiani and Ribera [6].

2. PROPOSAL

We created the “Image Text Alternatives Decision Tree” (figure 1), designed for helping authors on where and how to include the alternative text. The tool was inspired by [9] and contextualized in the academic publishing workflow. Following the decision tree, the authors are required to create a meaningful alternative text for figures only in the case in which essential information for reading and understanding the figure is not provided by text in other parts of the article. When image-related text is considered descriptive enough, the alternative text would be reduced to a brief title for identifying and localizing the image.

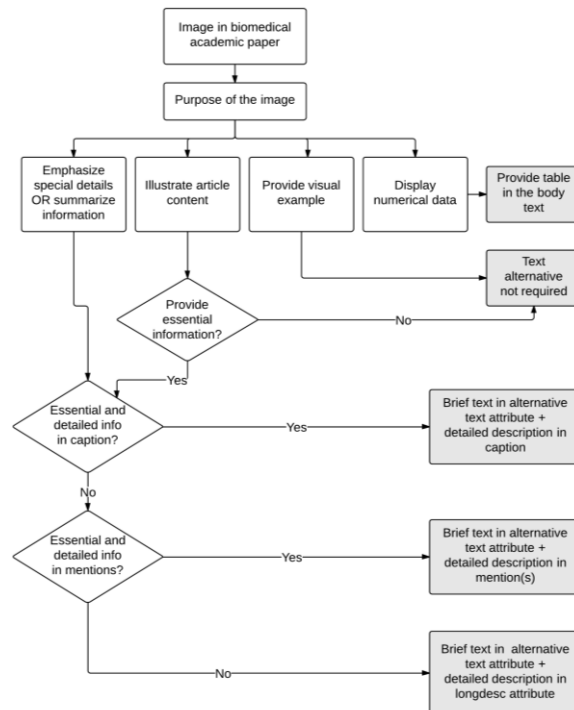


Figure 1 The Image Text Alternatives Decision Tree

The decision tree orients authors on where to provide an alternative text in academic papers, working on high level categorization of the images' functions resulting from the study. The functions could be: to emphasize special cases and details; to summarize information that cannot be easily or succinctly presented in tables or textually; to support, illustrate or confirm the article content or an argument; to show numerical data.

The final writing a suitable image-related textual description is challenging and time-consuming, particularly in biomedical papers [10], and it still remains unresolved. It seems that this task will be only tackled by authors if required by publishers in the image submission process [6]. As an initial approach, we focused on the writing of the caption, an element already assumed in authors' practices that often is meaningful and effective enough to work as an alternative for the image [11]. To define which content has to be included in captions, author's beliefs and aim were analyzed. Caption guidelines provided by some manuals of style (Chicago, American Psychological Association, American Chemical Society), and submission guidelines by leading scientific publishers (Springer, Wiley) and journals (New England Journal of Medicine, Nature, Science) were also reviewed. A set of elements commonly included in captions were identified and a checklist was developed with the aim of orienting author to create a suitable, effective and meaningful captions as alternative texts for images. The checklist verifies whether the image is identified and labels or abbreviations are correctly applied and ask the author to explain colors, acquisition apparatus, modifications to the original image, to provide tables for numerical data, to describe areas of interest and clinical background.

3. CONCLUSIONS

In this paper the problem of providing textual alternatives to images in academic papers has been addressed by taking into account the current habits and opinions of researchers in biomedicine, while avoiding substantial changes of the current publishing workflow. The proposed solution includes a decision tree on where and how to include the alternative text, in order to spare authors (and publishers) the task of creating redundant alternative texts, and a checklist orienting the creation of suitable, effective and meaningful captions as alternative texts for images.

This initial model should be extended to other research domains that currently have similar problems, such as Computer Science [12] and Mathematics [13]. Further studies are required for checking the validity and reliability of the model together with experts in each specific academic domain.

The proposed model could be integrated into the submission process as a sequence of dialog boxes – specific for different types of images - that lead the author through as a series of defined questions for selecting the appropriate text alternative and checking the effectiveness of captions.

The authors consider that taking into account stakeholder habits and needs and modeling alternatives for a sample of typical images in each research field could increase the opportunities to change publishing practices and make scientific publications accessible to all.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work was partially funded by the project “Acceso abierto a la ciencia” (Plan Nacional CSO2011-29503-C02) of the Research, Development and Innovation Secretariat of State (Spain).

5. REFERENCES

- [1] Apostolova, E., You, D., Xue, Z., Antani, S., Demner-Fushman, D.; Thoma, G. R. 2013. Image retrieval from scientific publications: Text and image content processing to separate multipanel figures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 64 (5), 893–908.
- [2] Splendiani, B.; Ribera, M.; Garcia, R.; Térmens, M. 2014. Do Physicians Make Their Articles Readable for Their Blind or Low-Vision Patients? An Analysis of Current Image Processing Practices in Biomedical Journals from the Point of View of Accessibility. *Journal of Digital Imaging* (7 February 2014).
- [3] National Center for Accessible Media (NCAM). Effective Practices for Description of Science Content within Digital Talking Books. (2009). Available at: http://ncam.wgbh.org/experience_learn/educational_media/stemdx/intro. (Accessed April 14, 2014).
- [4] DIAGRAM Center. 2012. Digital Image and Graphic Resources for Accessible Materials. Available at: <http://diagramcenter.org/> (Accessed April 14, 2014).
- [5] Ortiz Hojas, A. 2008. Instrucciones y criterios para la producción de libros DAISY. Organización Nacional de Ciegos Españoles.
- [6] Splendiani, B. and Ribera, M. 2014. Hábitos de los investigadores en Medicina y Biología en el uso y descripción de imágenes en artículos científicos: un enfoque desde la perspectiva de la accesibilidad. *Revista Española de Documentación Científica*. (on review).
- [7] DIAGRAM Center. 2013. Image Guidelines for EPUB 3. Available at: <http://diagramcenter.org/standards-and-practices/59-image-guidelines-for-epub-3.html> (Accessed April 14, 2014).
- [8] World Wide Web Consortium (W3C) 2014. Techniques for WCAG 2.0. G74: Providing a long description in text near the non-text content, with a reference to the location of the long description in the short description. Available at: <http://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/G74>. (Accessed April 14, 2014).
- [9] DIAGRAM Center. 2013. Decision Tree – Image sorting tool. Available at: <http://diagramcenter.org/decision-tree.html> (Accessed April 14, 2014).
- [10] Burford, B., Briggs, P. and Eakins, J.P. 2003. A Taxonomy of the Image: On the Classification of Content for Image Retrieval». *Visual Communication* 2 (2): 123-61.
- [11] Agarwal, S. and Yu, H. (2009). FigSum: automatically generating structured text summaries for figures in biomedical literature. *AMIA Annual Symposium Proceedings*, pp. 6-10. San Francisco, CA, USA.
- [12] Splendiani, B.; Ribera, M. 2014. Accessible Images in Computer Science Journals. *Procedia Computer Science*, vol. 27, 9-18.
- [13] Splendiani, B.; Ribera, M.; Centelles, M. 2014. Are figures accessible in mathematics academic journals? 29th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference, San Diego, CA, USA.

DECKUBIK: AN UNIQUE OPEN BUILDING EXPERIMENTAL FACILITY AIMED TO TEST ICT BASED AMBIENT ASSISTED LIVING PRODUCTS

Ivan Arakistain
Tecnalia Research and Innovation
Polígono Lasao, Area Anardi 5
(20730) Azpeitia
+34 946 430 850
ivan.arakistain@tecnalia.com

Josu Albizu
Tecnalia Research and Innovation
Polígono Lasao, Area Anardi 5
(20730) Azpeitia
+34 946 430 850
josu.albizu@tecnalia.com

Amaia Castelruiz
Tecnalia Research and Innovation
Polígono Lasao, Area Anardi 5
(20730) Azpeitia
+34 946 430 850
amaia.castelruiz@tecnalia.com

ABSTRACT

DECKUBIK is a unique facility for R&D aimed at developing new concepts, products and services for the aging market. This new facility has been installed on the ground floor of the experimental building KUBIK, located in Derio, Vizcaya (Spain).

DECKUBIK simulates a dwelling, with two bedrooms, a living room, a kitchen and a bathroom. The spaces are equipped with the necessary infrastructure and are prepared to place new products, interfaces, sensor systems, services and technologies that need to be tested and validated by Ambient Assisted Living (AAL) users.

This paper will focus in two of the technologies that we brought into practice which can enhance user experience at AAL infrastructure. Interactive furniture with capacitance based sensing which can provide new non-intrusive functionalities, and self-powered control systems.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [User/Machine Systems]: *Human factors*

General Terms

Human Factors

Keywords

DECKUBIK, elderly, WoodTouch, interaction, accessibility, interface, self-powered, capacitance, control, web.

1. INTRODUCTION

In 2010, according to Eurostat data, in the European Union (EU-27) the percentage of people aged 65 years or over reached the 17.4% of the population. In Spain this percentage was in the year 2010 of the 16.68% of the population. In the same year in the autonomous community of the Basque Country the percentage of people aged 65 years or over reached the 19.17 % of the total population. [1]

In Euskadi, currently, 16 percent of elders are in a position of dependence and 26 are percent disabled, which in absolute figures involves more than 62,000 elders in situations of dependency and 104,000 people with disabilities.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interaction '14, September 10–12, 2014, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

However, 70 percent of people over 70 prefer to continue living at home rather than go to a nursing home. Therefore, given the aging phenomena of the population, relevant research is needed to address increasing demand for AAL technologies at homes and residential centers for the elderly and bring research into market.

As a start point, the described R&D infrastructure consists of a building able to provide up to 500 m² distributed in an underground floor, a ground floor and up to two stores; the main dimensions are 10.00 m. width x 10.00 m. length x 10.00 meter high (plus and underground floor 3.00 m. depth). KUBIK has an advanced monitoring system, equipped with over 400 sensors that records conditions inside and outside the experimental facility.

It is important to note the contribution of DECKUBIK for the activities related to the new product development for AAL. Currently, the technical development of a product begins with the numerical analysis and simulation of the product, carried out in a virtual scenario. The product is then tested in a laboratory in accordance with standardized procedures, and it is finally launched on the market. DECKUBIK offers and intermediate step that allows to evaluate the products performance in realistic conditions by real end users [2]. This speeds up product development and reduces the risk of malfunction of highly innovative products or without previous experiences on the market place.



Figure 1. KUBIK building located in Zamudio, which has an advanced monitoring system; equipped with over 400 sensors that records conditions inside and outside the experimental facility.

2. DESCRIPTION OF AAL TECHNIQUES IMPLIED

2.1 Interactive furniture

Framed in WoodTouch [3], [4] project, we developed a new concept of touch interaction with furniture and wood surfaces, this concept could be used to add intelligence to the furniture around us in the future.

The sensing system uses the warm feel of wood to change the furniture into the new intelligent control system and therefore have under our control all our home electrical devices in a simple and intuitive way. R&D collaboration has enabled it, creating a new relationship concept with home furnishings by which the furniture itself acquires new functions.

It may be used to light a room, turn on the heating or regulate the intensity of various electrical devices connected to the mains power system, without the need to press a button.

2.1.1 Smart capacitive sensing technology

Numerous different methods exist to measure capacitance: Relaxation oscillator, Successive approximation (SAR), Charge transfer, shift of resonance frequency, frequency modulation, amplitude modulation, charge time measurement, time delay measurement, duty cycle, etc. Most methods require analog-intensive circuits and inherit the related problems like crosstalk, coupling and noise sensitivity. A digital approach is less area and power consuming, compared to analog solutions. As example for a digital method, the circuit measures the difference between a reference and the capacitor to be sensed. This method was developed by ATLab, Inc. of South Korea [5].

If we take a PCB trace and a human finger (the human body is about 65 percent water) as the two conductive elements and air as the dielectric, the way a capacitive touch sensor works becomes clear from the equation to compute capacitance in the Figure 4: a finger approaching the PCB trace effectively decreases the distance between the two conductive elements, thus increasing the capacitance. In a touch sensor application, the capacitance to be sensed C_F will change depending on the presence of a finger, while the reference C_S is static (neglecting temperature drift, etc.). A touch is detected if C_F changes from a low ($C_{F1} = C_0$) to a higher value ($C_{F2} = C_0 + C_F$) within a short time period. In order to avoid false detections, the increased C_{TOT} must exceed a certain threshold, called α . (see Figure 2).

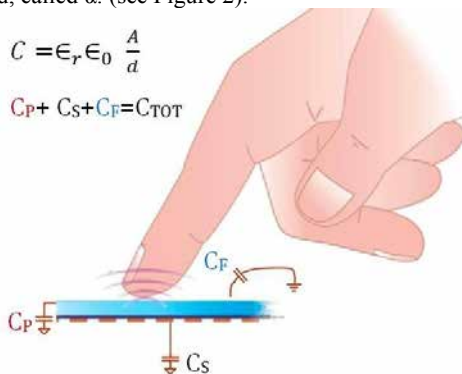


Figure 2. Capacitive sensing technique description where different capacitances are described together with the measuring method

2.2 Self-powered remote control systems

As copious interactive devices are built into the smart environments of tomorrow, a major issue will be how they are controlled. A potential solution would be the development of a wireless controller that is able to transmit its function code without needing to be wired or powered, drawing its energy directly from the controlling gesture [6]. Total energy consumption should be in the order of 100uJ so as to be finger powered and time used for a data packet transmission less than 2ms. We developed a self-powered remote controller module, with an electro-mechanic harvester. The module can send a programmable identification (ID) code on the RF carrier, in order to enable module tagging and tracking by the external receiver unit. Data packet transmission takes only 1.54ms.

In the tested experimental conditions, the prototype features a typical time for transmission events durations of the order of milliseconds. Operative range is of the order of meters in a laboratory environment. For the programming of Texas Instruments Microcontrollers, there are various software options available such as IAR WORKBENCH or CODE COMPOSER STUDIO. In this case, Code Composer Studio V5.4.0 has been used for the programming task. The obtained results show that the proposed approach has attractive characteristics because of the total absence of batteries.

3. CONCLUSIONS

One of the final goals of this initiative is to promote the concept of habitable and adapted housing and adapted to the people living in it throughout years. While public spaces should be accessible, private spaces (such as housing) must be adapted to the needs of its habitants at this moment, for that these spaces must be adaptable. By 2050 about 135 million people in the EU-25 will be older than 65. To fully benefit from information and communication technologies, the EU member states need better field testing and exploitation plans. DECKUBIK infrastructure that we developed has the aim to bring this gap between research and market.

4. REFERENCES

- [1] Instituto nacional de Estadística <http://www.ine.es/> Retrieved March 18, 2014.
- [2] "Open building in Education", Open House International Journal, vol. 31 n°2, 2006.
- [3] Arakistain, I., Barrado, M. 2013. WoodTouch, a new interaction interface for wooden furniture. arXiv preprint. <http://arxiv.org/abs/1307.0951> Retrieved March 18, 2014.
- [4] "Smart' furniture heralds a future with light touch". REUTERS by Jim Drury (2013). <http://in.reuters.com/video/2013/01/21/smart-furniture-heralds-a-future-with-li?videoId=240633420> Retrieved March 18, 2014.
- [5] Moon, B. et Al. 2006. ATLab Inc. Yong-In City. Solid-State Circuits Conference. ASSC 2006. IEEE Asian. pp. 247 – 250. ISBN: 0-7803-9734-7.
- [6] Energy Self-Sufficient High Frequency Transmitter Patent. ENOCEAN 24.05.2000. Patent number: EP 1312171 Country: GB.

Graphical User Interface for the Container Loading Problem

[An approach using JavaScript]

Yanira González^{*}
University of La Laguna
E.T.S. Ingeniería Informática
La Laguna, Spain
ygonzale@ull.edu.es

Coromoto León
University of La Laguna
E.T.S. Ingeniería Informática
La Laguna, Spain
cleon@ull.edu.es

Gara Miranda
University of La Laguna
E.T.S. Ingeniería Informática
La Laguna, Spain
gmiranda@ull.edu.es

Javier Villamonte[†]
University of La Laguna
E.T.S. Ingeniería Informática
La Laguna, Spain
alu0100537475@ull.edu.es

ABSTRACT

This paper presents a Graphical User Interface for a service used to solve the Container Loading Problem as applied to the logistic industry, commonly encountered in transportation and wholesaling industries. This interface allows users to see how items (boxes) are to be placed in the container. In order to decide where exactly to locate each item, we used two evaluation heuristics based on a fill-by-levels strategy in which the items are stored into the container. The user must choose the input file with the definition of the problem and the solution with the coordinates for each item inside the container. This information is then used by the GUI to arrange the boxes. However, the solutions given by evaluation heuristics can be modified using the mouse. The users can remove or exchange the items inside the container. Between of the features presented by this interface is the ability to keep track of all solutions that were rejected by the heuristics in its search for the final solution. The GUI was implemented using JavaScript and Three.js, a 3D library. While the heuristics were coded using C/C++.

Categories and Subject Descriptors

H.5 [Information Interfaces and presentation]: User Interfaces; H.5.2 [Information Interfaces and presentation]: User Interfaces—*Graphical user interfaces (GUI)*; I.3 [Computer Graphics]: Graphics Utilities

^{*}Beca Cajacanarias.

[†]Beca de Colaboracion.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors

Keywords

Container Loading Problem, Graphical User Interface, Javascript

1. INTRODUCTION

The *Container Loading Problem* (CLP) belongs to an area of active research and has numerous applications in the real world, particularly in container transportation and distribution industries. When solving the CLP, normally, the goal is to distribute a set of rectangular pieces (boxes) in one large rectangular object (container) so as to maximize the total volume of packed boxes. A rather common aspect in the scope of this problem is the weight limit of the containers. In our case of study, trying to optimize the pieces layout inside the container so that the volume is maximized at the same time that the weight, without exceeding the weight limits. In [2, 4], we presented two filling heuristics to evaluate where exactly to locate each item. The formulation of the here addressed problem is as follows. We have a container with known width W , length L , height H , maximum weight P_{max} , and a set of N rectangular boxes (Figure 1). These boxes belong to one of the sets of boxes types $\mathcal{D} = \{T_1 \dots T_m\}$. Associated with each T_i type exists a weight $p_i < P_{max}$ and a volume $v_i < W * L * H$. The aim is to find:

$$\max \sum_{i=1}^m x_i v_i \quad \text{and} \quad \max \sum_{i=1}^m x_i p_i$$

Usually, the theoretical studies that solve the CLP present their results in a text format. In this work, a graphical representation of the original problem and the final solution is proposed, thus allowing the user to see the pieces inside the container. The system applies METCO, a multi-objective optimization framework [6], to solve a given problem. The user can perform a graphical trace to watch those solutions

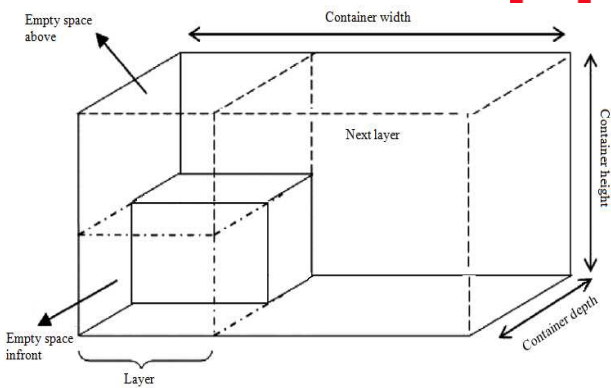


Figure 1: Solving Scheme

that were discarded by the algorithm to obtain the final solution to be definitely carried out. The user can also modify any solution by using the mouse to place the pieces into the desired position inside the container. The interface was implemented in *Javascript* [9] using the *Three.js* [5] application programming interface.

There are many applications about CLP developed with web technologies, but they are limited in some aspects related with interaction. For example, in the *CalculationSpace* tool [1] the camera rotation is not smooth. Nevertheless, the camera rotation is allowed in the container loading software *EasyCargo* [3] and *FullFilled - Logimar* [7], but there is no way to remove items and see what is behind. Desktop applications, like *packer3D* [8], have more functionalities which offer better interaction experiences, like hiding a group of items of the same class. The graphical user interface presented in this work has attempted to take the better features of all of them while incorporating a state machine which allows to trace used to solve the filling problem.

2. GRAPHICAL USER INTERFACE

When the Graphical User Interface is run, the user should select the input file and the solution file. The input file defines the values and components for the CLP, while the final solution file has the set of coordinates for each item inside the container, being this last one returned by the solving scheme.

After choosing the input file, the graphical system shows the set of available boxes and a grid which defines the dimensions of the container. All of them, associated with its width, height, length, weight and volume. Lastly, when the user selects the solution file, the system draws the arrangement of the pattern of packaging, as shown in Figure 2. In the same screen, the GUI shows the values obtained for the two objectives of the CLP, the volume and weight.

The menu bar includes a *free mode* which allows the user to drag and drop components that he/she wants in the layout area of the GUI. Doing double click over piece, the user can locate the item in the original position. The *scale menu* allows modifying the default size of the pieces. The user can also choose whether or not to display a trace of the heuristic algorithms followed to solve the problem.

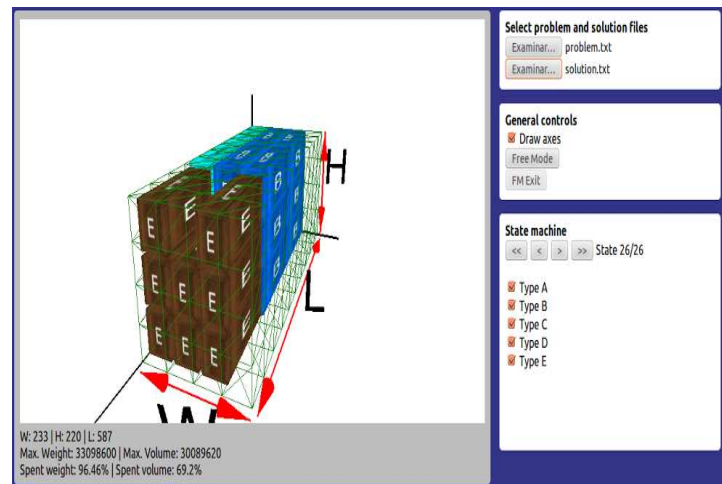


Figure 2: Interface Scheme

3. CONCLUSIONS

In this work, we have presented a graphical user interface (GUI) for the CLP. The user choose a input file with the definition of the problem and other one with the coordinates for each item. The tool provides a visual representation to see where are to be placed the items into the container. The GUI allows the manipulation of items inside the container, remove or exchange locations. Besides, the system allows keeping track of all the solutions reached before getting the final solution.

4. REFERENCES

- [1] CalculationSpace. <http://www.calculationspace.com/container-packing-software/>.
- [2] J. de Armas, Y. González, G. Miranda, and C. León. Parallelization of the Multi-Objective Container Loading Problem. In *IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)*, pages 155–162, Brisbane, Australia, June 2012.
- [3] EasyCargo - EasyCargo is truck and container loading software. <http://www.easy-cargo.eu/>.
- [4] Y. González, G. Miranda, and C. León. A multi-level filling heuristic for the multi-objective container loading problem. In *International Joint Conference SOCO13-CISIS13-ICEUTE13*, volume 239 of *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pages 11–20. Springer International Publishing, 2014.
- [5] JavaScript 3D library. <http://threejs.org>.
- [6] C. León, G. Miranda, and C. Segura. METCO: A Parallel Plugin-Based Framework for Multi-Objective Optimization. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 18(4):569–588, 2009.
- [7] Logimar - Fullfilled. <http://logimar.it/binpack/index.php/it>.
- [8] Packed3d. <http://www.packer3d.com/>.
- [9] The JavaScript Source. <http://www.javascriptsource.com>.

Marco de trabajo colaborativo para la gestión de conocimiento, un enfoque desde técnicas de gamificación

Jose Luis Jurado
Universidad de San Buenaventura
Av. 10 de Mayo, Pance, Cali, Valle
(Colombia)
+(57)3136108987
jljurado@usbcali.edu.co

Cesar Alberto Collazos
Universidad del Cauca
Sector Tulcán, Popayán, Cauca
(Colombia)
+(57)3113081728
ccollazo@unicauca.edu.co

Luis Merchan Paredez
Universidad de San Buenaventura
Av. 10 de Mayo, Pance, Cali, Valle
(Colombia)
+(57)3122026202
lmerchan@usbcali.edu.co

RESUMEN

Este documento presenta una aproximación de la arquitectura conceptual de una propuesta que busca integrar en un entorno colaborativo procesos de la gestión del conocimiento, desde la perspectiva de la gamificación. En el mismo documento se relaciona aquellos trabajos que guardan una relación con el trabajo realizado y mas adelante se presenta el esquema arquitectural de un entorno colaborativo, que integra el proceso genérico de la gestión del conociiento desde una mirada de la gamificación.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Collaborative Computing, Organizational desing, Theory and models.

General Terms

Management, Design, Economics, Experimentation, Human Factors, Theory.

Keywords

Collaboration engineering, Knowledge management, Gamification.

1. INTRODUCTION

La dinámica de la creación, formulación y apropiación del conocimiento en una organización, con miras a un posterior aprendizaje, es un proceso que demanda tiempo, esfuerzo, disciplina y especialmente formalización, de las buenas practicas para alcanzar la meta de administrar adecuadamente el conocimiento [1]. De este modo el uso de tecnologías que apoyen los procesos de gestión de conocimiento, son una ayuda eficiente para las organizaciones [2]. Por lo tanto encontrar métodos y estrategias que no solo apoyen los procesos de aprendizaje basados en gestión de conocimiento, es una tarea ardua, que demanda el análisis y estudio de diferentes líneas de investigación no solo en la ingeniería, sino también en el campo de la educación [4].

Por otro lado es importante mencionar la perspectiva académica, respecto a la gestión de conocimiento, donde se destaca la existencia de diferentes perspectivas para el desarrollo y el estudio de los sistemas y modelos de gestión del conocimiento, donde se agrupan diferentes modelos en tres tipos según su núcleo, objetivos, metodología y participantes, por lo tanto de acuerdo a [5] y [6]. Se clasifican como: 1) Almacenamiento, acceso y transferencia del conocimiento, que se centran en el desarrollo de metodologías, estrategias y técnicas para almacenar el

«conocimiento» disponible en la organización, 2) Sociocultural, centrados en el desarrollo de una cultura organizacional adecuada para el desarrollo de procesos de gestión del conocimiento y 3) Tecnológicos, desarrollo y la utilización de sistemas (por ejemplo: data warehousing, intranets, sistemas expertos, sistemas de información, web, etc.) y herramientas tecnológicas (por ejemplo: motores de búsqueda, herramientas multimedia y de toma de decisiones) para la gestión del conocimiento.

Teniendo en cuenta lo descrito en párrafos anteriores y analizando la necesidad de propender por la mejora en los procesos de aprendizaje en las organizaciones, se presume que el uso adecuado de la gestión del conocimiento, es un medio para una mejora de las estructuras organizativas y sociales, el cual ha dado lugar a un gran abanico de herramientas tecnológicas cuya finalidad es soportar estas estructuras y facilitar los flujos de conocimiento entre los agentes que las componen [4]. Pero estas herramientas tecnológicas deben trabajar de la mano de un concepto o soportadas en procesos y sistemas que permitan trabajar en conjunto y con una meta en común. Característica muy elocuente de la llamada Ingeniería de la Colaboración, que se define como una actividad humana centralizada, que implica un proceso de toma de decisiones dinámicas para maximizar la sinergia entre el proceso y el trabajo individual y en equipo [12].

El presente documento, entregará una propuesta de una arquitectura conceptual, vista desde la perspectiva de la ingeniería de la colaboración, en base al uso de técnicas de gamificación. Inicialmente se presenta una revisión de contexto donde se identifican los campos de acción y fuentes de información, mas relevantes para el diseño de la arquitectura propuesta, mas adelante en la siguiente sección se hace una revisión sistémica de los trabajos relacionados, donde se resaltan aportes y diferencias. Y finalmente se presenta la propuesta arquitectónica, donde se detalla cada uno de sus componentes y las relaciones entre ellos, el documento termina con unas conclusiones del trabajo realizado y las referencias respectivas.

2. Trabajo Relacionado

La presente sección entrega una revisión sistémica, del marco de trabajos relacionados con la propuesta que se trata en este documento. Se presentan diversos trabajos que guardan una relación con los preceptos de la ingeniería de la colaboración, su aplicación a contextos de la gestión de conocimiento, pero especialmente determina si existe algún tipo de aporte respecto a la inclusión de elementos gamificados, y siendo más específicos a la contribución sobre los procesos de gestión de conocimiento bajo los paradigmas de la gamificación. Inicialmente se analizará trabajos relacionados respecto a aportaciones en el campo del diseño y desarrollo de arquitecturas colaborativas, orientadas a

procesos de conocimiento, en este contexto cabe señalar que existen diversas propuestas como métodos y modelos para la especificación de sistemas colaborativos. El estudio y desarrollo de una gran cantidad de propuestas se han llevado a cabo extendiendo métodos y técnicas que por lo general se han aplicado a sistemas interactivos [11]. Las diferentes propuestas existentes se podrían ver en dos campos: *modelos arquitectónicos y modelos basados en tareas y procesos*.

En el enfoque arquitectónico, se puede describir que las distintas propuestas están orientadas a modelar sistemas como un conjunto de componentes y sus relaciones entre éstos. Algunos ejemplos de tales modelos son: Interactor Models [12], PAC [13], y MVC [14]. En las extensiones propuestas para sistemas CSCW se podría incluir el proyecto denominado PAC [12] y otros modelos como la Arquitectura Dewan. Estos aportes son interesantes puesto que denotan el uso de componentes bien definidos y cuya funcionalidad está enmarcada en la implementación utilizando tecnologías de programación orientadas a objetos. Un inconveniente de estos modelos es que están centrados en el diseño del sistema interactivo, y por lo tanto, existe una pérdida de abstracción e independencia con respecto a otros aspectos como colaboración, coordinación y comunicación.

Por otro lado se encuentran las propuestas basadas en tareas, las cuales estudian el sistema desde el punto de vista del usuario, centrándose en el análisis y modelado de tareas [15]. De este modo se pueden destacar propuestas como GTA (Group TaskAnalysis) [11], la cual propone el estudio de un sistema basado en una ontología para modelos bajo contextos de tareas, en un marco de trabajo comprendiendo elementos colaborativos como: participantes, artefactos y situaciones, e identificando las relaciones entre estos elementos. Otra propuesta a tener en cuenta es CTT (ConcurTaskTrees) [12], una notación gráfica para especificar tareas individuales y cooperativas de forma jerárquica, una propuesta que describe operadores temporales basados en CSP, para establecer un orden en los pasos para llevar a cabo tareas específicas. Sin embargo, las propuestas descritas anteriormente no consideran cambios dinámicos en el dominio del problema, como por ejemplo, el cambio de responsabilidades de los usuarios o de cambios en diferentes entornos o contextos, muy común en escenarios empresariales [15]. Por lo tanto la mayoría de las propuestas expuestas anteriormente no integran bajo el mismo modelo de representación muchos de los conceptos relevantes del dominio del problema bajo paradigmas colaborativos: grupo, actor, rol social, leyes que impone la organización en la cual está inmersa el grupo, etc.

Otro grupo de propuestas analizadas son aquellas basadas en procesos, las cuales centran su concepto funcional y arquitectónico en el modelo de negocio y en el proceso de transformación de la información y el producto. Esto lo logran a través de diferentes canales de producción, asociados a recursos tanto humanos como materiales [14]. De este modo, se automatiza el trabajo, impidiendo la existencia de lapsos ociosos, y por tanto, se puede analizar la productividad y rendimiento general en lugar de la individual. Un factor a tener en cuenta de estas propuestas es que pierden por completo la naturaleza colaborativa del modelo, puesto que relega a segundo plano el factor humano, y se centra más en la eficiencia del proceso a llevar a cabo [15].

Continuando con el análisis de diferentes aportes a la propuesta descrita en este documento, se encuentra el trabajo desarrollado por V. Penichet, M.Lozano en [16], el cual plantea un modelo de procesos para un ambiente CSCW, donde la definición de roles en procesos organizacionales colaborativos, brinda aportaciones interesantes de modo de se identifican, tareas, actividades y comportamientos que pueden ser contemplados para un uso específico en procesos de gestión de conocimiento, su grado de detalle y el modo de definir la interacción entre cada uno de los roles, brinda un aporte en la definición de la arquitectura propuesta en este documento. En el marco de trabajos relacionados en procesos de gestión de conocimiento que utilizan contextos colaborativos, se encuentra el trabajo desarrollado por P.L.Sanchez en [9], donde se desarrolla una propuesta de aprendizaje colaborativo para la gestión de conocimiento. El aporte que cabe resaltar de esta propuesta está en el uso de estrategias colaborativas, para mejorar la adquisición de conocimiento bajo herramientas Web 2.0, su propuesta se enmarca en definir diferentes estrategias de adquisición y adopción de conocimiento como proceso, en un contexto individual y organizativo. Estas estrategias brindan alternativas muy interesantes a considerar, para definir el modo en que se desea generar modelos de identificación, gestión y transmisión de conocimiento en el marco de un trabajo colaborativo.

Teniendo en cuenta las propuestas analizadas en esta sección, y corroborando el grado de alineación con los objetivos de la propuesta descrita en este documento. Se encuentra que es significativo los diferentes avances que se tienen en cuanto a la integración de elementos colaborativos, en especial de sistemas CSCW, con procesos de gestión de conocimiento. Los aportes en cuanto a modelos arquitectónicos, capas de aplicación, estructura de modelo conceptual, son muy valiosos y han contribuido en la definición de la arquitectura que se presentará en la sección siguiente de este documento. De igual modo se encontraron hallazgos muy interesantes en cuanto a la definición de roles, patrones, tareas y procedimientos orientados a la gestión de conocimiento. Estas aportaciones permitieron definir comportamientos, actividades y procesos en fases genéricas del modelo de gestión de conocimiento como su identificación, su gestión y posterior transferencia de información.

Por lo tanto y en base al análisis expuesto anteriormente, cabe resaltar que la propuesta de un marco colaborativo que apoye procesos de gestión de conocimiento, es viable, practico y necesario en un contexto empresarial. Pero de igual modo es evidente que en la revisión sistémica que se realizó, no se encontró mayores aportaciones en el campo de la gamificación y como esta disciplina puede ser integrada a sistemas CSCW y aún más en contextos de gestión de conocimiento. Por lo tanto la propuesta que se entrega a continuación es ajustada a las necesidades arquitectónicas identificadas en el trabajo relacionado, expuesto en esta sección.

3. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

La propuesta arquitectónica, que se presenta a continuación es un acercamiento conceptual, respecto a los elementos característicos de la ingeniería de la colaboración, que se buscan integrar en los diferentes procesos de gestión de conocimiento, este acercamiento arquitectónico, se basa en los principios estructurales de AMENITIES [14]. De igual manera la arquitectura propuesta pretende señalar la forma en que se adaptan los mecanismos y

dinámicas propuestas por la gamificación [10] y [11] en los procedimientos y actividades diseñadas en el marco de un trabajo de gestión de conocimiento.

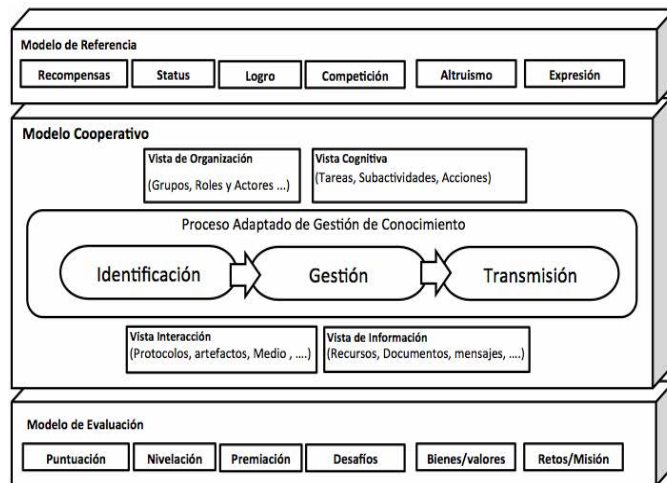


Figura 1. Arquitectura Conceptual

La arquitectura presentada en la figura 1 muestra la estructura compuesta por tres núcleos fundamentales, un modelo de cooperativo inspirado en la metodología AMENITIES [17], un modelo de evaluación y un modelo de referencia. El proceso metodológico expuesto en [17], no se describe en este documento, puesto que su interés es presentar la estructura central de una arquitectura de procesos de gestión de conocimiento, basada en el modelo cooperativo de AMENITIES, que agrega dos núcleos complementarios para efectos de referenciación y valoración de procesos gamificados, cabe señalar que este concepto de *procesos gamificados* es propuesto en este trabajo, para efectos de señalar aquellas buenas prácticas de la gestión del conocimiento, que serán ejecutadas en un entorno colaborativo, las cuales son dinamizadas y controladas mediante técnicas de la gamificación.

A continuación se describe cada uno de los modelos propuestos y su interacción respectiva.

4.1. Modelo Cooperativo

Es el núcleo central de la arquitectura propuesta, toma como base conceptual el diseño de una arquitectura basada en procesos la cual se desarrolla en diferentes vistas (organizativa, cognitiva, interacción y de información), como lo propone [18]. El proceso de gestión de conocimiento esta dividido en tres fases genéricas identificación, gestión y transferencia [17]. Este núcleo esta enmarcado dentro de los principios de la ingeniería de la colaboración, donde es evidente que elementos como los roles, las tareas, los espacios de trabajo, entre otros permiten mejorar y contribuir al desarrollo de cada una de estas fases.

El componente central del modelo Cooperativo es una adaptación del modelo genérico de un proceso de gestión de conocimiento [15], el cual permite desarrollar en una organización los procesos fundamentales en la identificación, gestión y transferencia de conocimiento. Estas tres fases son desarrolladas alternamente por las diferentes vistas que integran el modelo Cooperativo. Cada una de ellas, entrega elementos colaborativos que permiten ejecutar procesos gamificados, por medio de dinámicas y mecánicas, las cuales realizan procedimientos directos entre las diferentes vistas para obtener así, una correcta ejecución del ejercicio de la gestión de conocimiento en una organización, que

integre preceptos de la ingeniería de la colaboración y sean dinamizados y controlados por practicas propias de la gamificación.

4.2 Modelo de Referencia

Este modelo ha sido enmarcado al igual que el núcleo central con elementos propios de la ingeniería de colaboración, lo que permite dinamizar cada uno de sus procedimientos, de igual modo esta abordado desde los procesos dinamizadores gamificados como se han denominado a técnicas que permiten generar espacios de trabajo, mas propicios a los objetivos de la gestión de conocimiento, elementos como: la recompensa, el estatus, la competición el logro, entre otros generan espacios prácticos, participativos, interactivos y motivadores en la realización de cada una de las fases del proceso de gestión de conocimiento [12].

La forma en que se ha diseñado la relación entre el modelo de referencia y el modelo Cooperativo, es a través de interacciones directas entre dinámicas y vistas, de este modo el modelo de referencia, busca a través de la realización de dinámicas propuestas en [10], propiciar la ejecución de procesos gamificados en espacios colaborativos. Los cuales son implementados desde la vista de organización y vista cognitiva. Por lo tanto la relación entre dinámicas como: recompensas, logros, competición, entre otras son desarrollados en la vista de organización por medio de roles, grupos, actores entre otros. De igual modo dinámicas como el status, el altruismo y la expresión son ejecutadas desde la Vista Cognitiva, por medio de tareas, subactividades y acciones colaborativas.

4.3 Modelo de Evaluación

El modelo de evaluación, está integrado al igual que los otros dos modelos (Referencia y Cooperativo) por elementos colaborativos, tales como thinkltes, escenarios de evaluación, responsabilidades y criterios colaborativos. Estos elementos permitirán evaluar las diferentes actividades y sus resultados en torno a reglas y estimaciones definidas en el contexto de la ingeniería de la colaboración.

De igual modo tanto el modelo de Cooperación como el modelo de evaluación, están alineados, a través de interacciones entre mecanismos de evaluación de técnicas de gamificación [10] y las vistas de interacción y de información. Por lo tanto mecanismos como la puntuación, nivelación y premiación son tomados como criterios de evaluación en las vistas de interacción a través de protocolos, artefactos, medios de evaluación entre otros. De igual modo mecanismos como: los desafíos, los retos, misiones, bienes y valores son tomados como indicadores en la vista de información por medio de elementos como: recursos, mensajes, documentos, entre otros.

4. CONCLUSIONES

Es importante señalar que como valor agregado a una metodología de trabajo colaborativo como lo expone [17] en AMENITIES, se ha propuesto el uso de estrategias gamificadas que brindan procesos mas atractivos y participativos en las tareas propias de un entorno colaborativo. Todo ello con el fin de mejorar no solo el nivel de aprendizaje de un proceso de gestión de conocimiento, sino la experiencia en entornos colaborativos, apoyados en estrategias de juegos, para brindar mayor fiabilidad en las metas grupales que se desean alcanzar.

La inclusión de un modelo de referencia y un modelo de evaluación a la estructura base de AMENITIES, genera mayor

especificidad a los procesos colaborativos que sugiere [17]. Puesto que se propone un marco de trabajo referencial basado en una adaptación de un modelo genérico de gestión de conocimiento, donde sus fases de identificación, gestión y transmisión, permiten ejecutar tareas de gestión de conocimiento prácticas y simples en una organización. De igual modo el uso de estrategias de evaluación, indica que se podrá evaluar no solo el grado de colaboración de una tarea o actividad, sino también valorar el modo en que el conocimiento ha sido impactado en la organización, todo esto gracias a métodos de gamificación, que sugieren evaluar, como méritos, puntuaciones, logros, el alcance del proceso de aprendizaje en una organización.

Las diferentes propuestas entorno a trabajos colaborativos que apoyen procesos de gestión de conocimiento, que fueron revisadas y descritas en este documento, muestran no solo la necesidad de continuar en su estudio y profundización, sino también la valorización de integrar y buscar alternativas más dinámicas y atractivas para propiciar el uso adecuado de las tareas y actividades, propuestas en un entorno colaborativo que pueda permear en un modelo específico de gestión de conocimiento. Dichas alternativas fueron expuestas en este documento, las cuales se enmarcaron en el uso de técnicas de gamificación.

Las dinámicas de trabajo de colaboración y los procesos de iniciación, gestión y transferencia de conocimiento van mutuamente ligadas, ya que, uno de los métodos fundamentales implementando tecnología para difundir el conocimiento es precisamente la ingeniería de la colaboración. De este modo se puede inducir que la gestión del conocimiento es la base para el buen funcionamiento de los procesos dentro de una organización. Y el uso de técnicas de gamificación permiten obtener resultados de mayor dinamismo, proyección, atención y participación de los roles involucrados en un procesos de gestión de conocimiento.

Finalmente cabe señalar que la ingeniería de la colaboración, permite generar condiciones y mecanismos prácticos y simples, para dinamizar los diferentes procedimientos de la gestión del conocimiento, lo que conlleva a una organización a generar mejores espacios y dinámicas de aprendizaje. Pero su efectiva ejecución solo es posible si se logra propiciar condiciones tanto técnicas, como socio culturales entre los miembros de un grupo de aprendizaje.

5. AGRADECIMIENTOS

Este documento, refleja los primeros avances en un proceso de formación doctoral, por lo tanto es extensivo los agradecimientos a las Universidades del Cauca y de San Buenaventura, por su apoyo y disposición con este proyecto.

6. REFERENCIAS

[1] Duran, M., And Castro, G. Y. 2011. Knowledge Management as a Value, added generator in organizations: A review of a business/Sector, Libre Empresa ISSN-e 1657-2815, págs. 69-80.

[2] Sanabria, S., Morales, M., And Arias, M. 2010. Acumulación de conocimiento, innovación y competitividad en aglomeraciones empresariales: Facultad de Ciencias económicas, 19- 53.

[3] Meisel, S., Bermeo, H., And Oviedo, L. 2006. Generación de valor a través de la gestión estratégica del conocimiento, innovación y la mejora continua: Scientia et Technica, 165-170.

[4] Heinz, M., Katrin W., And Katharina S. 2008. Einleitung ins organisationale Wissensmanagement – Instrumente: Capacity Building International, Alemania, ISBN: 3-9372235-17-5, No 7.

[5] Jenny D., 2003. Developing a measure of knowledge management behaviors and practices: Journal of Knowledge Management, Vol. 7 Iss: 5, pp.41 – 54.

[6] Gea M., Garrido J.L., Cobos R., And Alaman X. 2004. Representación del comportamiento dinámico en modelos colaborativos: Aplicación a la gestión de conocimiento compartido: Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, ISSN 1137-3601, Vol. 8 pp. 87-95.

[7] Morales M. 2013. Moocs, Gamificación, oportunidades y desafíos: Expoelearning, Colombia, Accessed March 2 2014 <http://senatutores.files.wordpress.com/2013/07/mooc.pdf>.

[8] Gomez G., And Heredero P., 2013. La Gamificación y el enriquecimiento de las prácticas de innovación en la empresa: Un análisis de experiencias. ISSN 1697-9818, Vol.9, UPC, España.

[9] Sandi H.R., And Rojas E.R, 2013. La gamificación como participante en el desarrollo del B-Learning: LACCEI 2013, Mexico.

[10] Andreas P. 2012. Gamificación o cómo conectar con nuestros usuarios para incentivar su participación Interactiva: Revista de la comunicación y el marketing Digital, ISSN 1576-4885, No 140, España.

[11] Lu, S. C-Y. 2009. Collective rationality of group decisions in collaborative engineering: International Journal of Collaborative Engineering, 1 (1/2), págs 38-74.

[12] Penichet, V. M, Montero S. F, Lozano P. D, And Gallud L. A. 2006. Un Marco conceptual para el modelado de sistemas Colaborativos empresariales: VII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador.

[13] Implantation Guide for Collaborative Web-Based Systems (IGCWS): Zaragoza (Spain) DEXA Workshops 2004, IEEE Computer Society Press; p: 259-263.

[14] Garrido basada en modelos de comportamiento y tareas. Doctoral Thesis. Granada (España).

[15] Penichet V., Lozano M., Gallud J., And Tesoreiro R. 2010. Requirement-based approach for groupware environments design: Journal of System and Software., Vol 83, No 8, págs.1478 – 1488.

[16] Penichet V., Marin I., Gallud J., and Lozano M. 2007. A classification method for CSCW systems: Proceedings of the Second International Workshop on Views on Designing Complex Architectures. Vol. 168, págs. 237 – 247.

TECNOLOGIAS INTERATIVAS APLICADAS EM AUTOMÓVEIS PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Rafael Silva Duarte
PGDesign
Osvaldo Aranha, 99/409.
Porto Alegre – RS.Brasil.
+555133084261
raffael23@gmail.com

Branca Freitas de Oliveira
PGDesign
Osvaldo Aranha, 99/409.
Porto Alegre – RS.Brasil.
+555133084261
branca@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho se propõe a analisar as tecnologias interativas que podem ser embarcadas nos automóveis, demonstrando as possibilidades de aplicação das mesmas, através de um modelo tridimensional, criando um produto customizável em massa, condizente com as tendências sociais contemporâneas, que atenda o maior número de consumidores em potencial, com uma mesma linha de produto.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION]:
User Interfaces: *Input devices and strategies, screen design, interaction styles.*

General Terms

Design. Human Factors.

Palavras-chaves: Indústria Automotiva. Interações tecnológicas. Customização em massa.

1. INTRODUÇÃO

O automóvel moldou o modo de vida do século XX. Cidades foram construídas para os carros, algumas vezes em detrimento dos pedestres. Vieira (2008) afirma que “Ele (o automóvel) é consequência direta do acúmulo cada vez maior e mais rápido do conhecimento humano nas áreas científicas e técnicas, aliado a mudanças culturais, econômicas, políticas e religiosas.” (VIEIRA, 2008, p.13).

Da mesma forma que o automóvel influenciou o modo de vida das pessoas nos últimos 125 anos, hoje, o mundo vive mais um período de transformação. A conectividade, em especial de *smartphones*, mudou o modo como as pessoas se relacionam e como percebem o mundo a sua volta.

A realidade da sociedade conectada está transformando o dia-dia das pessoas em todos os setores.

O objetivo desse trabalho é investigar essas novas tendências, pesquisando sobre tecnologias interativas que possam ser aplicadas à indústria automotiva, de modo que os automóveis se

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

tornem uma extensão do usuário, conectando os motoristas ao ambiente que os circunda, tornando a experiência de dirigir mais agradável, pessoal, intuitiva e segura.

Para tanto, este artigo apresenta um modelo tridimensional que visa demonstrar como a inovação tecnológica, através da inserção de tecnologias interativas na indústria automotiva, gera uma vantagem competitiva para a empresa frente à concorrência através da customização em massa.

2. DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Conforme Porter (2004), as indústrias desenvolvem-se porque algumas forças que estão em movimento criam incentivos ou pressões para a mudança. Essas forças podem ser chamadas, segundo ele, de processos evolutivos. De acordo com o autor, entender o processo evolutivo e ser capaz de antever as mudanças são processos fundamentais para o desenvolvimento competitivo. De acordo com isso, as inovações não apenas encorajam a utilização de tecnologias de qualquer outra parte onde possam ser encontradas, mas também encorajam a adoção de todo tipo de inovação que possa trazer produtos ao mercado de forma mais rápida e que se concentre na cadeia de produção total para atender às vontades e necessidades dos consumidores, melhor e mais rapidamente.

2.1 Produtos e serviços customizáveis

Pine (1994) afirma que a tática oposta a personalizar serviços na função de distribuição é criar, na função de desenvolvimento, produtos e serviços essencialmente produzidos em massa, mas que sejam personalizáveis, frequentemente, por cada cliente.

Conforme o autor, oferecer serviços personalizáveis pode ser tão efetivo quanto produzir itens personalizáveis. Nesse sentido, a individualização de bens ou serviços, num sistema de customização, será caracterizada pela quantidade de opções de escolha oferecidas aos clientes.

O modelo proposto nesse trabalho é equipado com displays nas laterais, teto e capô, permitindo ao usuário customizar o exterior do veículo como quiser. O design do veículo pode representar a personalidade do proprietário sem a necessidade de pintura ou adesivagem. O usuário também pode fazer o download de diferentes designs e aplicá-los conforme seu humor ou os eventos de um dia em particular (Figura 1).



Figura 1. Customização exterior

No interior do modelo proposto, um painel touchscreen envolvente (Figura 2) permite ao usuário configurar o layout interno do veículo de acordo com suas funções favoritas ou mais usadas. A ergonomia do modelo pode ser ajustada de acordo com as necessidades de cada usuário, movendo botões, telas e interruptores livremente pelo painel. E, assim como o exterior, o interior do veículo também pode ser customizado, permitindo a aplicação de imagens e padrões através de downloads de internet. Um aplicativo pode ser instalado no smarphone ou tablet do usuário, possibilitando que ele mude o design do carro instantaneamente a qualquer hora, em qualquer lugar.

O painel de instrumentos também pode ser personalizado de acordo com o gosto do usuário (Figura 3). Ele pode apresentar um design mais conservador, como uma metáfora para um painel automotivo tradicional ou pode apresentar um painel esportivo moderno, com informações sobre força G, temperatura de pneus e óleo, pressão do turbo ou qualquer outro mostrador que o usuário desejar.



Figura 2. Customização interior



Figura 3. Customização do painel de instrumentos

A nova tecnologia de displays flexíveis pode ser aplicada no interior do para-brisa, apresentando informações úteis como mapas e vídeos obtidos por câmeras montadas nos automoveis em substituição aos espelhos retrovisores. O veículo também pode utilizar uma conexão com a internet e dados de mapas e GPS para mostrar informações sobre cruzamentos, semáforos e congestionamentos nas proximidades (Figura 4).



Figura 4. Customização do conjunto óptico

Como o *display* do teto se estende até a parte posterior do produto, não há necessidade de sinalleiras do tipo convencionais. As funções de um conjunto óptico traseiro, como sinalleira, luzes de freio, de marcha à ré e indicadores de posição podem ser exibidas pelo display do vidro, e também pode ser facilmente customizada de acordo com a preferência do usuário (Figura 5).

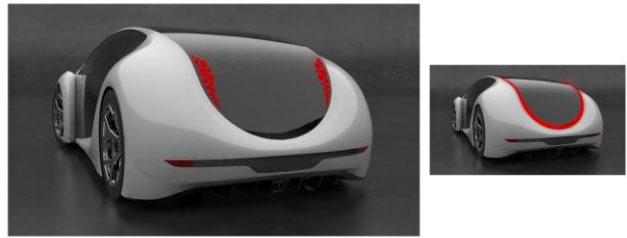


Figura 5. Customização do conjunto óptico 2

Conforme Pine (1994) o modelo atinge a personalização individual, pois oferece, através da incorporação de tecnologias interativas, uma infinita gama de personalização, limitada apenas a vontade do consumidor, fazendo que cada produto seja único, ainda que o fabricante utilize um modelo de produção maciça que permita oferecer seus produtos a preços competitivos no mercado, assim como acontece atualmente com o setor de smartphones.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho demonstrou os efeitos positivos das tecnologias interativas para alcançar a customização maciça, permitindo à empresa que optar por esse caminho mover-se em direção à produção volumosa de produtos e serviços personalizados individualmente. Conforme demonstrado no trabalho, veículos interativos podem definir a personalidade de cada um de seus proprietários individualmente, ao mesmo tempo em que os custos de produção não reflitam esse nível elevado de customização.

4. REFERÊNCIAS

PINE II, B. Joseph. **Personalizando produtos e serviços:** customização maciça. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** Tradução de Elizabeth Maria de Pinho Braga. – 2.Ed. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2004 – 6ª Reimpressão.

ROYER, Rogério. **Implantação da customização em massa na estratégia da manufatura.** UFRGS, 2007. Disponível em <http://repositorio.furg.br:8080/jspui/bitstream/1/1796/1/Implanta%C3%A7%C3%A3o%20da%20customiza%C3%A7%C3%A3o%20em%20massa%20na%20estrat%C3%A9gia%20da%20manufatura.pdf>. Acessado em 13/10/2013.

VIEIRA, José Luiz. **A História do Automóvel – A Evolução da Mobilidade.** Volume 1 – da pré-história a 1908. Alaúde. São Paulo: 2008.

_____. **A História do Automóvel – A Evolução da Mobilidade.** Volume 2 – de 1908 a 1950. Alaúde. São Paulo: 2008.

_____. **A História do Automóvel – A Evolução da Mobilidade.** Volume 3 – de 1950 aos dias atuais. Alaúde. São Paulo: 2008.

Adapting Heuristics for the Mobile Panorama

Ger Joyce

Mariana Lilley

Trevor Barker

Amanda Jefferies

School of Computer Science, University of Hertfordshire
College Lane, Hatfield, Hertfordshire AL10 9AB
United Kingdom

{g.joyce, m.lilley, t.1.barker, a.l.jefferies}@herts.ac.uk

ABSTRACT

Expert-based usability inspection methods are well established; the heuristic method in particular is widely known for being fast, relatively inexpensive and easy to learn. However, traditional heuristics are not easily applied to the mobile panorama. This paper is concerned with preliminary work in the design of a set of heuristics that are tailored to the evaluation of native smartphone applications. In this work, Nielsen's original set of heuristics as well as research in the field of usability evaluation for mobile computing were analysed and used to derive a set of heuristics for the evaluation of native smartphone applications.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]; Evaluation/Methodology

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Native smartphone applications, Usability heuristics

1. INTRODUCTION

There has been an increased interest in the development of heuristics for the usability evaluation of mobile applications. One of the most well established sets of heuristics is Nielsen's [1]. Although Nielsen's heuristics cannot be easily applied for the mobile panorama [2], Bertini et al. [3] amongst others often take these into account when developing heuristics for the mobile panorama, and this is also the approach that has been used here.

2. APPROACH

The approach employed in this work was to use Nielsen's heuristics [1] as a baseline, and then adapt these heuristics using findings from the mobile computing literature. A set of eleven heuristics has been generated as a result of this work.

2.1 Provide immediate notification of application status

Ensure that users are provided with immediate notification of application status. Mobile applications should inform users that their request is being processed, be it through a message, a twirling icon, a status bar or anything that signifies that something is happening and the application has not stopped

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

working [4]. This is particularly important as mobile application users tend to be more impatient than desktop users [5].

2.2 Use a theme and consistent terms, as well as conventions and standards familiar to the user

Use a consistent theme for the mobile application to ensure different screens look alike. Also, create a style guide [6] so that words, phrases and concepts familiar to the user are applied consistently throughout the interface. Use a natural and logical order. Use platform conventions and standards that users have come to expect in mobile applications such as the same effects when gestures are used.

2.3 Prevent errors where possible; Assist users should an error occur

Ensure the mobile application is error-proofed as much as is possible. Should errors occur, let the user know what the error is in a way they will understand, and offer advice in how they might fix the error or otherwise proceed.

2.4 Use a welcome mat for first-time users

Make the application more helpful for first-time users [7] by using welcome mats to point out the main features and how to interact with the application. Although mobile applications should not ideally require *Help and Documentation* [7], mobile users still expect that help that is interactive, non-distractive and not a separate task to be available [3].

2.5 Employ a simplistic, focused, glanceable, aesthetically pleasing, intuitive interface

Ensure that the interface contains only elements that are essential, as every element chosen causes cognitive load on users [8, 9]. Ensure that mobile application displays can be viewed at a glance for people on the go [10]. Ensure that the interface is aesthetically pleasing. While Clark [7] states that the beauty of an application is primarily in its functionality, Gong and Tarasewich [11] suggest that a mobile application "will stand out if it is attractive". Marinacci [12] suggests that if an application is aesthetically pleasing, a user would be more inclined to wait longer for information to download when compared to an application that does not look as good. Ensure that the application is learnable and intuitive, particularly given the lack of in-depth help and documentation and the interruptions users face as they interact with mobile applications [13]. Indeed, it has been argued that the learnability of a software application is more important in the mobile context [14].

2.6 Design a clear navigable path to task completion

Users should be able to see right away how they can interact with the application and navigate their way to task completion.

2.7 Allow configuration options and shortcuts

The mobile application should allow configuration options and shortcuts to the most important information and frequent tasks, including the ability to configure according to contextual needs.

2.8 Cater for diverse mobile environments

Ensure that mobile applications cater for factors that affect the context of use such as poor lighting conditions and high ambient noise [15]. This is in addition to glanceability [10].

2.9 Facilitate effortless input

Ensure users can input content accurately by, for example, supporting multimodal input entry [16]. Mobile devices are difficult to use from a content input perspective, particularly while on the move [17].

2.10 Make appropriate use of the camera and sensors

Mobile devices contain a camera and multiple sensors, such as GPS, accelerometer and gyroscope [18,19] that may allow for a more fulfilling experience for users. They can be used, for instance, to assist in entering information, to complement context of use adaptability by changing the interface when a user is mobile or to inform users when friends are close by [20,21].

2.11 Use identifiable icons

Application icons are the main item users look for when searching the device interface for an application [7] and therefore should be easily identifiable.

3. FUTURE WORK

The work presented here represents the initial stages of the development of a set of heuristics that are tailored to the evaluation of native smartphone applications. The next stage of this work will focus on the evaluation of the heuristics proposed here by Human-Computer Interaction experts.

4. REFERENCES

- [1] Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- [2] Bernhaupt, R., Mihalic, K. and Obrist, M. 2008. Usability Evaluation Methods for Mobile Applications. In Lumsden, J. (Ed.), *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology*. IGI-Global, 745-758.
- [3] Bertini, E., Gabrielli, S. and Kimani, S. 2006. Appropriating and assessing heuristics for mobile computing. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (AVI '06)*. ACM, New York, NY, USA, 119-126.
- [4] Neil, T. 2012. *Mobile Design Pattern Gallery*. O'Reilly Media.
- [5] Nilsson, E.G. 2009. Design patterns for user interface for mobile applications. *Advances in Engineering Software*. 40, 12 (Dec. 2009), 1318–1328.
- [6] Galitz, W.O. 2007. *The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques*. John Wiley & Sons.
- [7] Neil, T. 2012. *Mobile Design Pattern Gallery*. O'Reilly Media.
- [8] Clark, J. 2010. *Tapworthy: Designing Great iPhone Apps*. O'Reilly Media.
- [9] Hoekman, R. Jr. 2010. *Designing the Obvious: A Common Sense Approach to Web & Mobile Application Design*. Pearson Education.
- [10] Ortiz, C.A. 2012. *The Psychology of Lean Improvements: Why Organizations Must Overcome Resistance and Change the Culture*. CRC Press.
- [11] Chittaro, L. 2011. Designing visual user interfaces for mobile applications. *Proceedings of the 3rd ACM SIGCHI symposium on Engineering Interactive Computing Systems (2011)*, 331–332.
- [12] Gong, J. and Tarasewich, P. 2004. Guidelines for handheld mobile device interface design. *Proceedings of DSI 2004 Annual Meeting (2004)*, 3751–3756.
- [13] Marinacci, J. 2012. *Building Mobile Applications with Java: Using the Google Web Toolkit and PhoneGap*. O'Reilly Media.
- [14] Lee, V., Schneider, H. and Schell, R. 2004. *Mobile Applications: Architecture, Design, and Development*. Prentice Hall.
- [15] Longoria, R. 2004. *Designing Software for the Mobile Context: A Practitioner's Guide*. Springer.
- [16] Duh, H.B.-L., Tan, G.C. and Chen, V.H. 2006. Usability evaluation for mobile device: a comparison of laboratory and field tests. *Proceedings of the 8th conference on Human-Computer Interaction with mobile devices and services (2006)*, 181–186.
- [17] Tan, Z.-H. and Lindberg, B. 2010. *Speech recognition on mobile devices. Mobile Multimedia Processing*. Springer. 221–237.
- [18] Arif, A.S., Iltisberger, B. and Stuerzlinger, W. 2011. Extending mobile user ambient awareness for nomadic text entry. *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference (2011)*, 21–30.
- [19] Waqar, W., Chen, Y. and Vardy, A. 2011. *Exploiting Smartphone Sensors for Indoor Positioning: A Survey*.
- [20] Han, M., Vinh, L.T., Lee, Y.-K. and Lee, S. 2012. *Comprehensive Context Recognizer Based on Multimodal Sensors in a Smartphone. Sensors*. 12, 12, 12588–12605.
- [21] Ruiz, J., Li, Y., and Lank, E. 2011. User-defined motion gestures for mobile interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, (2011)*, 197–206.
- [22] Negulescu, M., Ruiz, J., Li, Y., and Lank, E. 2012. Tap, swipe, or move: attentional demands for distracted smartphone input. *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, ACM (2012)*, 173–180.

Taxonomía de la Actividad: Análisis de Propuestas de Desarrollo de Sistemas Interactivos

Maria L. Villegas
Grupos SINFOCI, IDIS
Universidad del Quindío,
Universidad del Cauca, Colombia
+57-(6)735 93 00 ext 995
mlvillegas@uniquindio.edu.co

César A. Collazos
Grupo IDIS
Universidad del Cauca,
Colombia
+57-(2)820 99 00 ext 2133
ccollazo@unicauca.edu.co

William J. Giraldo
Grupo SINFOCI
Universidad del Quindío,
Colombia
+57-(6)735 93 00 ext 995
wjgiraldo@uniquindio.edu.co

ABSTRACT

En el desarrollo de un sistema interactivo, la parte del diseño que corresponde a la especificación de la funcionalidad está comúnmente dirigida por los requisitos. Las especificaciones de los requisitos se basan en plantillas que clasifican la actividad de una forma que en la mayoría de los casos, los desarrolladores no son conscientes y por tanto no comprenden cómo una mala clasificación, debido a deficiencias metodológicas, afecta el entendimiento que tiene el usuario del sistema que está utilizando. Lo ideal sería que el desarrollador comprendiera perfectamente cuál es el impacto de una mala clasificación y le ayude a reconocer los límites que le permitan definir un alcance para la usabilidad, seguridad o cualquier aspecto. Nuestra propuesta es definir un modelo de clasificación de la actividad y hacer explícita la necesidad de la misma para que sirva como marco de referencia para promover la calidad del software principalmente lo relacionado a la Interacción Humano Computador (HCI).

Categories and Subject Descriptors

D.2.10 [Ingeniería de Software]: Diseño – Metodologías, Representación.

Keywords

Taxonomía de la Actividad, Interacción Humano Computador (HCI), Desarrollo de Sistemas Interactivos.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de la HCI, concretamente dentro de la Clasificación del Modelado de la Actividad [1] que busca identificar las categorías en las que se puede estructurar toda la labor que se encuentra presente mientras se busca una meta de negocio. Es necesario recordar que las personas no utilizan aplicaciones software per se, lo que buscan es alcanzar pequeños resultados que al agregarse unos con otros permiten alcanzar metas mayores. Si la tecnología puede apoyar a las personas en su labor aportando funcionalidades imposibles de realizar manualmente pero al mismo tiempo promueve la atención, la recordación, el diálogo, la retroalimentación, la recomendación, etc., se incrementa la satisfacción del usuario.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Esto es posible porque la clasificación permite identificar elementos de la labor que el ingeniero debería considerar si se tiene en mente atributos como la colaboración, la seguridad, la usabilidad. La clasificación del modelado de la actividad se convierte en un mapa de ruta de la actividad que el ingeniero debe seguir y que también es útil como marco de evaluación.

Una tesis primaria de esta investigación es: *toda metodología o proceso de desarrollo que pretenda generar como producto un software completamente funcional, necesariamente debe incluir dentro de sus modelos el modelado de la labor*. Esta tesis es el core utilizado para la definición de la clasificación propuesta en este trabajo: *Taxonomía de la Actividad (TxA)*. El análisis previo a esta clasificación surge de las ideas conceptuales propuestas por [1] cuyo propósito principal es clasificar el modelado de la actividad para entender cuáles son los elementos de modelado mínimos necesarios para describir software desde múltiples contextos y cómo determinar el alcance de dicha clasificación.

Para realizar esta propuesta, es necesario definir una taxonomía de referencia que sirva como sintaxis abstracta y luego definir un lenguaje mínimo que represente la labor y que pueda abarcar múltiples aspectos donde la labor tenga lugar (colaboración, interfaz de usuario, seguridad, etc). La taxonomía propuesta, adicionalmente, servirá como un marco de evaluación para propuestas metodológicas que permitirá identificar qué aspectos están siendo capturados en las descripciones de la labor.

Según lo expresado anteriormente, lo que se pretende con este trabajo es definir un marco conceptual que sirve de referencia a la HCI como se expresa en la Figura 1.

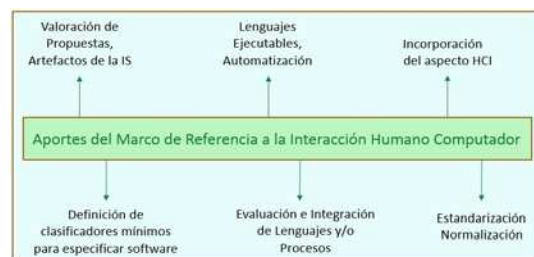


Figura 1. Aportes del Marco de Referencia a la HCI

Como se puede observar, es mucha la potencialidad que tiene la definición de una TxA en lo que tiene que ver con la HCI. Este trabajo se toma como el inicio de un proceso de investigación más profunda. Por ahora se pretende mostrar de una manera práctica las bondades de la taxonomía mediante el análisis de las propuestas más relevantes que se encuentran actualmente en la literatura en relación con el desarrollo de sistemas interactivos.

Para la definición del marco de referencia se utiliza la propuesta de clasificación de [1] que define la **Clasificación del Modelado de la Actividad** como la acción de clasificar los distintos tipos de elementos del modelado de la actividad, por medio de categorías necesarias para la localización de elementos de modelado específicos. Las categorías son: **Aspecto, Nivel de Abstracción y de Granularidad y Tipo de Actividad**.

2. MARCO DE REFERENCIA Y DISCUSIÓN

El marco de referencia presenta la Clasificación del Modelado de la Actividad para cada una de las propuestas analizadas. Se puede utilizar luego como marco de evaluación de propuestas que soportan el modelado de sistemas interactivos (y software en general), específicamente el modelado de la actividad. Se clasifica el lenguaje y no la metodología porque es el que describe la información del producto: el sistema interactivo.

La Figura 2 muestra la clasificación de los elementos de modelado para el OpenUp [2], de acuerdo a la propuesta de clasificación, la cual permite visualizar la distribución de los elementos de modelado de la actividad que provee cada metodología analizada, de acuerdo con los conceptos definidos por la misma.

Aspecto: Funcionalidad				
		Tipo de Actividad		
		Base	Soporte	Gestión
Modelo de Negocio	Baja	Business Use Case, Activity Diagram	Business Use Case, Activity Diagram	Business Use Case, Activity Diagram
	Alta	Business Action	Business Action	Business Action
Modelo del Sistema	Baja	Compound System use Case	Compound System use Case	Compound System use Case
	Alta	System use Case, System Action	System use Case, System Action	System Action

Figura 2. Clasificación Modelado de la Actividad, OpenUp [2]

De acuerdo con la propuesta de clasificación [1], se observa que el OpenUp provee elementos de modelado de la actividad en los que separa muy bien los niveles de abstracción Negocio y Sistema, aunque sólo se centra en modelar la Funcionalidad. La Figura 3 muestra de forma superpuesta, cómo se clasifican los elementos de modelado para todas las propuestas analizadas. Se observa que ninguna de ellas realiza una distinción sintáctica para soportar separadamente el Tipo de Actividad. Y aunque es posible clasificar las actividades de un sistema informático en las tres categorías, esta falta de elementos de modelado genera un bajo nivel de expresividad y semántica para modelar cualquier aspecto distinto a los que modela cada propuesta.

Se observa también que las propuestas analizadas proveen pocos elementos de modelado de la actividad en el nivel de de negocio. Es necesario analizar si estos elementos serían suficientes para modelar la actividad en este nivel. En el nivel de sistema se observa una cantidad mayor de elementos de modelado que los que aparecen en el nivel de negocio, esto significa que el conjunto de las propuestas se centra más en detallar la información de los sistemas interactivos en este nivel. Sin embargo, no sólo la cantidad de elementos de modelado debe ser el único indicador válido. Se deben analizar otros atributos de la clasificación, p. ej., desde el punto de vista de la calidad de las notaciones: nivel de

expresividad, economía, completitud, redundancia, etc [3], y las capacidades que tiene cada lenguaje para la integración.

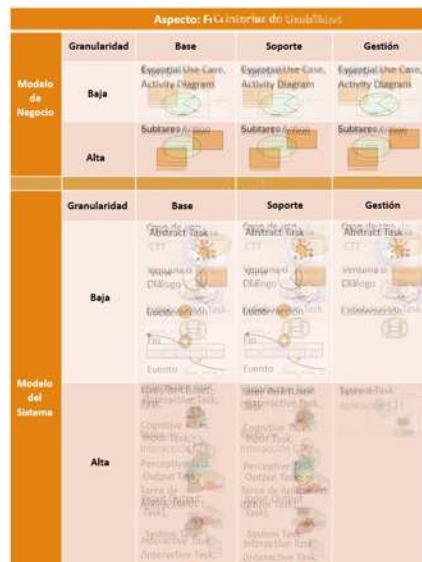


Figura 3. Clasificación del Modelado de la Actividad, propuestas analizadas

Independientemente de la calidad de la notación o de los modelos definidos por cada propuesta para modelar la labor, concluimos que la tesis primaria de esta investigación es válida. Sin embargo, es una propuesta inicial que está siendo usada para desarrollar una tesis doctoral. Se requiere analizar qué otros atributos son necesarios para completar, extender y formalizar la taxonomía de la clasificación del modelado de la actividad.

3. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La Clasificación del Modelado de la Actividad es necesaria porque la principal función del software es automatizar la labor. Es necesario entonces encontrar o definir un lenguaje que tenga los clasificadores mínimos para especificar la labor.

El marco de referencia que se presenta en este trabajo permite valorar en qué nivel un lenguaje permite hacer una especificación de la actividad de tal manera que sea posible hacer que un software se ejecute a partir de modelos.

Todo lo anteriormente expuesto deja demostrada la importancia de definir una taxonomía para la clasificación de la actividad principalmente en HCI y al mismo tiempo se plantea como un punto de partida para una investigación más profunda.

4. REFERENCIAS

- [1]. Giraldo, W.J., *Marco de Desarrollo de Sistemas Software Interactivos Basado en la Integración de Procesos y Notaciones*. Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real, 2010.
- [2]. Balduino, R. *Introduction to OpenUP (Open Unified Process)*. Eclipse site, 2007.
- [3]. Moody, D.L. *The "Physics" of Notations: a Scientific Approach to Designing Visual Notations in Software Engineering*. ICSE '10, ACM, New York, USA, 2010.

Interactive Visualization of Association Rules Model Using SOM

Wilson Castillo-Rojas
Faculty of Engineering and
Architecture
Arturo Prat University
Iquique - Chile
+56 9 98845621
wilson.castillo@unap.cl

Camilo Vargas
Faculty of Engineering and
Architecture
Arturo Prat University
Iquique - Chile
+56 9 72959351
camilovargas@alumnos.unap.cl

Claudio Meneses Villegas
Faculty of Engineering and Geological
Sciences
North Catholic University
Antofagasta - Chile
+56 9 75688691
cmeneses@ucn.cl

ABSTRACT

The paper describes a proposal for interactive visualization of a data-mining model generated with Association Rule (AR) technique, applying the Self-Organizing Map (SOM). Representations of visual perception model of AR based on a schema called AVM-DM (Augmented Visualization Models for Data Mining) are established, together with data and patterns, which support the visual exploration stage model, fit in the context of a data-mining (DM) process. This seeks to answer generic questions of users or data analysts regarding the inner workings of the model, and to achieve support in understanding the generated model. The use of the SOM technique as a visual enhancer applied to model AR, serves a dual purpose: to obtain the spatial distribution of the subset of data associated with a rule, and the display of this partition using a map. The visualization for the RA model proposed in this work is implemented through experimental software where users have different interaction mechanisms that allow them. Finally, the results from a controlled experiment, conducted with the user group are analyzed, those using this application prototype in parallel with other software to perform the same DM task on a previously prepared data. Preliminary analysis of the results of this evaluation allows on the one hand, to check the usefulness of the technique to increase visually SOM a model of AR, on the other hand, with additional views provided by the graphical elements, the level efficiency to support the understanding of the generated model.

Categories and Subject Descriptors

H.2.8 Database Applications: Data Mining

H.5.2 User Interfaces: Interaction styles, Evaluation/methodology

I.5 PATTERN RECOGNITION

I.5.2 Design Methodology: Pattern analysis

I.5.5 Implementation: Interactive systems

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Data mining, visual data mining, visualization of data mining models, visualization of association rules.

1. INTRODUCTION

In a DM process, the utility of a DM model depends mainly on two factors: the ability of the model to discover interesting patterns and the ease with which the model structure can be understood and adjusted by data analysts. Thus, along with predictive and descriptive power of a DM model, its structure must be well understood and interpreted by the users, because the classification or description of the data without an explanation model induced from data reduces the credibility of the results process [1]. In this regard, appropriate visualizations applied to DM models can transform them into understandable tools that convert data into knowledge. In addition, appropriate visualizations of patterns can facilitate the task of discovering knowledge to interpret and evaluate these patterns visually [2, 3]. This work proposes visually increase the DM model generated by the AR technique combining the SOM technique, also applying complementary views on the different rules or model components. This seeks to answer generic questions of users regarding the inner workings of the model.

This proposal is based on a scheme of Augmented Visualization Models for Data Mining (AVM-DM) [4] scheme proposes a model of visual perception and user interaction, focusing on the stage of adjustment or refinement DM model generated in the context of a DM process, and provides the convenience to explore the original model by applying visualizations with the combination and application of a second technique DM ad-hoc descriptive, with a set of graphical artifacts, all considered "visual augmenters" and interaction's mechanisms for the user. With this a "visually augmented model", which allows us to understand its inner workings and so provide, first, a better understanding of the model obtained, and secondly, greater credibility of the model is obtained.

The work includes the prototype implementation that enables you to generate a model on a set of appropriate data and previously prepared from AR selected as primary technique DM. Then the user must select the art SOM as a secondary technique DM or visual augments, which can be applied to the various components or rules generated by the AR technique. Additionally, the user has a set of visual elements or appropriate graphics can be applied to the data of the rules, including the following traditional graphics available; overall circular rule, drawing strength and points and diagram parallel coordinates. The experimental tool also provides different mechanisms for user-interaction, that allows to navigate and explore the model for all its components, achieving a model of enhanced and interactive visualization technique for AR.

Finally, a subjective evaluation of the prototype is presented through the development of a controlled experiment, consisting of the survey to a group of users who used the prototype tool with other DM software, and compared from the point of view of understanding pattern. Participants performed a task of DM designed for this purpose, and provided information about their performance, usability, management views and support in understanding the DM model, allowing validating the results and contributions of this work.

2. VISUALIZATION OF ASSOCIATION RULES

AR represent the relationships between several variables, i.e., consider that AR is an implication of the form $X \rightarrow Y$, where X is a set of items called antecedents, and Y is the set of consequent items. At least five parameters should be considered in the visualization of an AR: the set of antecedent items, consequent items, associations between antecedents and consequents, the rule's support, and its confidence [5].

Research on visualization of AR can be categorized into three main groups, depending on whether they are based on tables, matrices, or graphs. Table-based techniques are the most common and traditional approach to represent AR. The columns of a table generally represent the items of the AR model while each row represents a rule. Examples of techniques based on tables can be found in several commercial systems, including SAS Enterprise Miner and DB Miner [6]. Matrix-based techniques such as those implemented in MineSet [7] and InfoVis [8] use a coordinate axes grid that represents the antecedents and consequents.

The last group is the techniques based on graphs using nodes to represent the items, and edges to represent the associations of items on the rules. Some of these works have proposed several types of representations known to study a large set of data, such as hyperbolic trees [9], perspective walls [10], Fish-Eyes Views (FEV) [11] or transparent overlay views [12]. Of these, FEV show of the landmark detail and description of the deployment in the same representation. A first approach using FEV a display method for AR was proposed in [13], in this paper, the authors exploited a mixture of representations to display a set of rules. Currently several tools implemented FEV as AISEE [14], INFOVIS [8] y LARM [15].

Other techniques not specified in this categorization, these are: Graphics interactive mosaic [16], applying tiles to represent the relationships between items in each AR from a contingency table instead of displaying the results of mining, Crystal-Clear [17] using a grid composed with tree-based deployment to see the number of items and lists of antecedents/consequences, and a technique proposed by Zhao and Liu [18] that uses a line to represent each AR technique, the axis x represents time data, and the y axis represents the support or confidence value, the display uses a similar technique of parallel coordinates [19]. Although these techniques are well implemented in some commercial visualization systems are capable of displaying mined AR, but displayed all at once on one screen, presenting too much information, which also tends to generate distortion in the interface, making it difficult analysis for users.

Although these efforts to improve the visualization of ARs were able to supplement the rule mining with graphics that allow us to

observe each rule in detail, we failed to find visualizations that allow interaction with each rule, and visualizing how the data in each rule are spatially distributed. Comparative review of visualization schemes for MD techniques, which makes Castillo in [5], among which include the RA, it is concluded that: a) most research recommends using a combination of MD techniques with appropriate views, depending on the task and the characteristics of the data, b) it's essential to consider in the design of new views, the addition of mechanisms for user interaction, and c) the role of visualization in the KDD process must be understood and extended in all its stages.

3. THE AVM-DM SCHEME

The AVM-DM scheme proposed by Castillo in [4] considers the characteristics of the analyzed models of perception, and includes the most relevant aspects of each, particularly with regard to the integration of the display in step adjustment or refinement and evaluation of DM models. AVM-DM brings the concept of "Augmented Visualization" for DM models, and suggests that given a DM technique to visualize, called Primary DM Technique (PT-DM), allowing the user to incorporate in this display different visuals ad-hoc the type of model and data domain, in turn apply another technique DM, called Secondary DM Technical (ST-DM), as a visual enhancer that allows exploring the PT-DM. The ST-DM selected technique must meet three requirements: to be a descriptive DM technique, appropriate to the domain data that is working with the PT-DM, and to provide additional information provided by the model generated by the PT-DM.

4. USING SOM TECHNIQUE OVER AR MODEL

In the case of the AR technique several visualizations analyzed in [5] propose a static display, without possibility for the user/data analyst to interact with each rule. Most DM visualization tools delivered an overview of the ARs but cannot combine DM techniques to provide information on model rules and instances supporting each rule, and only a few tools provide interaction mechanisms for the user.

The proposed use of the SOM technique as an AR visual augments, serves a dual purpose: to obtain the spatial distribution of the subset of data associated with each rule, and to display this partition using a map. Whereas AR allow a set of rules that associate attributes as simultaneous occurrence factor, and that each rule collects instances that meet these associations, however, do not allow the AR display spatial distribution of these instances, which does allow providing technical SOM. In addition, the SOM technique is appropriate to the domain of the data handled by the AR, and allows describing the distribution of these data in each of its components [4].

4.1 Prototype Software

The prototype software implements the interactive visualization scheme for hierarchical structure techniques in DM (decision-trees & association rule), and in this article concerning the AR technique is presented. Furthermore, incorporating the set of visual elements comprising: data table, graphics overall circular rule, dot plot, graph and diagram force parallel coordinates. Also, available interaction mechanisms: zoom, selection rules, and setting parameters.

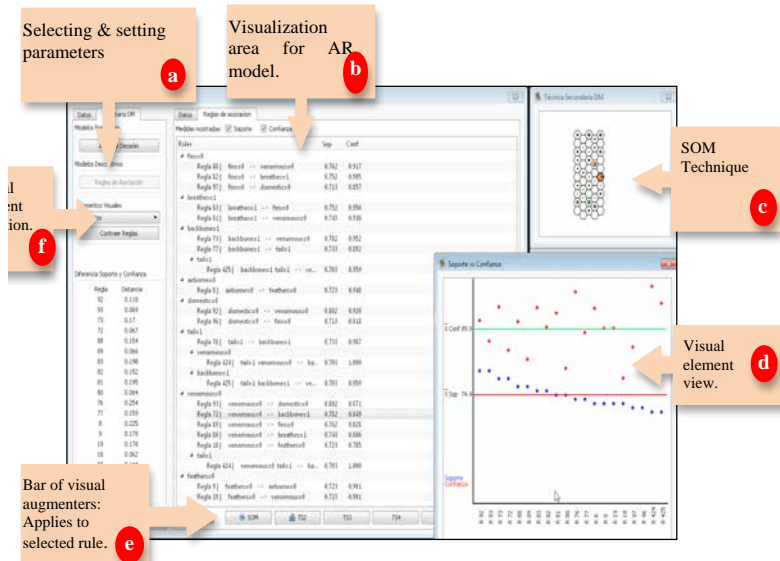


Figure 1. Main interface of the prototype software.

Figure 1 shows the main interface of experimental prototype, where AR is displayed in the central part, together with complementary views and visual elements on the right side. The user can maximize the image located in the c) section of the interface by clicking with the mouse, opening a window that presents a detailed view this technique, and can re-configure their initial parameters, as shown in this Figure 2 on a selected rule and applied the SOM technique.

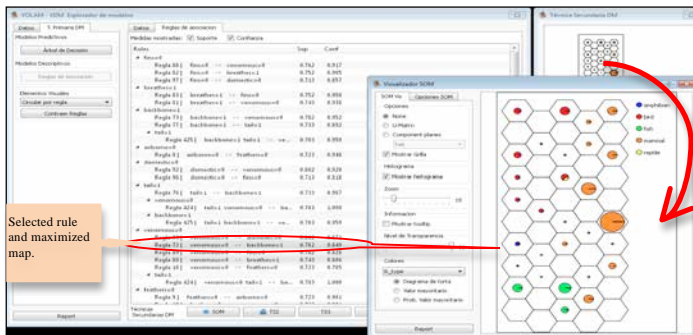


Figure 2. SOM technique applied to selected rule and maximized map.

User can see the form of distribution of the instances in this rule. It also has interactive elements to change the background color of the map and the class type, the chart type of each item on the map, select the type of class to color in representation, select to display the test set or training, etc.

5. EVALUATIONS & ANALYSIS

The following controlled experiment provides a comparison and subjective evaluation of the visualization of ARs obtained through a DM task to be performed by a set of users, whose aim is to check if the SOM-based visualization enhanced AR mining along with the set of visual elements provided by the prototype software, can improve the understanding of the model, such as looking at the distribution of data in each rule, compared with the visualization provided by another DM tool, that does not have this focus or visualization scheme. This experiment was conducted

with 17 users of varying levels of expertise in DM processes, and the use of DM tools. We asked participants to perform a generic task description and could answer questions about the model and its components, and to relate the model to the characteristics of the data from which the model was generated.

Subsequently, once the task of DM prepared for this experiment, users had to answer a survey designed to gather the subjective opinion of the group, regarding the performance of both tools, the visualization management of AR model generated, usability, provided the utility of visual elements, and the desirability of combining SOM technique applied to models of AR to achieve a visually augmented model, and efficiency in understanding of the model.

Users mostly stated that both the combination of the SOM technique applied to the AR model, and the use of graphic elements on the data rules, allowed them to improve understanding of the generated model AR, achieving a score of 54, 9% good, and 33.33% very good, which can be seen from the graph in Figure 3 a).

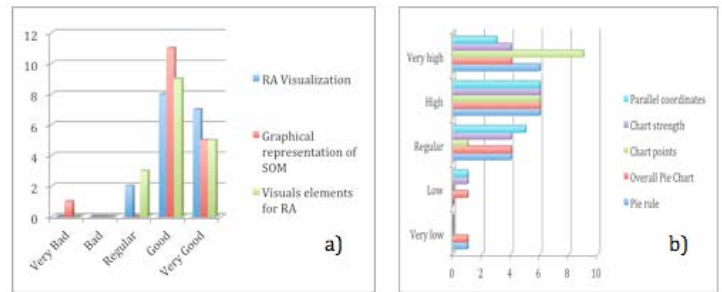


Figure 3. a) Level of acceptance of views available to describe the AR model. b) Detail level assessment of the visual elements.

The graph in Figure 3 b) details the utility level each visual or graphic elements, the user applied to the data in the AR model rules, and managed to fit a high valuation grouped 37.97 % and very high with 32.91% as a complementary view to describe the AR model. One can see that the dot plot was the best evaluated, while overall pie charts and rule were those who obtained the lowest score.



Figure 4. The ability to describe the data on the AR model using SOM technique.

Finally in Figure 4, the users with the query: if the augmented visualization of the AR model, applying the SOM technique in each of their rules, they provide a magnified view of the data and its spatial distribution, allowing describing the behavior of data

from each rule. Users express mostly positive (high 76.5% and 11.8% very high), can obtain an augmented visualization of AR model.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Preliminary results of this study allow us to confirm the suitability and utility of combining AR technique with SOM technique, achieving interactive visualization for the AR model, and spatial distribution on the data of each rule. It can be deduced with the results, the application of the SOM technique on the AR model can improve the understanding of their inner workings. Also that visuals or graphics provided in the prototype software, data applied to each rule model, support the analysis and examination of AR model.

As future work, we are evaluating other descriptive DM techniques, which can provide complementary views that deliver the SOM technique to visually enhance an AR model. It is also contemplated to implement new graphics devices, which may be more useful in exploring the data to the rules of the AR model.

7. REFERENCES

- [1] Keim, D.A., (1997). Visual Techniques for Exploring Databases. Third International Conference on KDD & Data Mining. Newport Beach, CA, August.
- [2] Meneses, C. J. & Grinstein, G. G., (2001). Visualization for Enhancing the Data Mining Process. In Proceedings of the Data Mining & KDD: Theory, Tools, and Technology. III Conference. Orlando-FL, April.
- [3] Thearling, K.; Becker, B.; Mawby, B.; Pilote, M. & Sommerfield, D. (1998). Visualizing Data Mining Models. In Proceedings of the Integration of Data Mining and Data Visualization Workshop, Springer-Verlag.
- [4] Castillo-Rojas, W.; Meneses, C. & Medina, F. (2013). Augmented Decision Tree Models Using SOM. 6th Latin American Conference on Human Computer Interaction, Costa Rica. Proceedings pp. 148-155. Springer LNCS 8278, ISBN 978-3-319-03067-8.
- [5] Castillo-Rojas, W. & Meneses, C. (2012) Comparative Review of Schemes of Multidimensional Visualization for Data Mining Techniques. III International Congress of Informatics. August, Arica-Chile.
- [6] Han, J. & Kamber, M. (2001). Data Mining Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann.
- [7] Brunk, C., Kelly, J. and Kohavi, R. (1997). MineSet: An Integrated System for Data Mining. Proc. of Third Intel: Knowledge Discovery and Data Mining, pages 135-138.
- [8] Wong, P.C., Whitney, P., (1999). Visualizing association rules for text mining. INFOVIS. Pages 120–123.
- [9] Lamping, J., Rao, R., and P. Pirolli. (1995). A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies. In Proceedings of the ACM conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, Denver, Colorado, USA, pages 401–408.
- [10] Mackinlay, J. D.; Robertson, G. G. & Card, S. K. (1991). The perspective wall: Detail and context smoothly integrated. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pages 173–179.
- [11] Furnas, G.W. (2006). A fisheyes follow-up: Further reflections on focus+context. Proceedings of the ACM conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press, Montreal-Canada. Pages 999–1008.
- [12] Harrison, B. L. & Vicente, K. J. (1996). An experimental evaluation of transparent menu usage. Proceedings of the ACM conference on Human factors in computing systems. New York-USA, pages 391–398.
- [13] Couturier, O. & Rouillard, J. (2007). An interactive approach to display large sets of association rules. In Proceedings of the 12th International Conference on Human-Computer Interaction. Beijing-China.
- [14] <http://www.aisee.com> (visited December, 2012).
- [15] Couturier, O.; Mephu, E. & Noiret, B. (2005). A formal approach to occlusion and optimization in association rules visualization. IEEE 9th International Conference on Information Visualization, London-UK.
- [16] Hofmann, H., Wilhelm, A.F. (2000). Visualizing association rules with interactive mosaic plots. In: Proceedings of the 6th ACM international conference on KDD and data mining, ACM Press 227–235.
- [17] Ong, K.H., Ng, W. K., Lim, E. P. (2002). Crystal-Clear: Active visualization of association rules. In: International Workshop on Active Mining with IEEE International Conference On Data Mining.
- [18] Zhao, K., Liu, B. (2001). Visual analysis of the behavior of discovered rules. In: Workshop Notes in ACM SIGKDD.
- [19] Inselberg, A., Dimsdale, B. (1987). Parallel coordinates for visualizing multidimensional geometry. Computer Graphics (Proceedings of CG International, pages 25–44).

Accesibilidad en la Administración Electrónica

Raquel Hernando Posada
Consejería de Economía y Empleo
Junta de Castilla y León
J. Rivero Meneses 3. 47014 Valladolid
+34 983 414022
herposra@jcy.es

Teodoro Calonge Cano
E.T.S. de Ingeniería Informática
Universidad de Valladolid
Paseo de Belén 15. 47011 Valladolid
+34 983 185603
teodoro@infor.uva.es

Joaquín Adiego Rodríguez
E.T.S. de Ingeniería Informática
Universidad de Valladolid
Paseo de Belén 15. 47011 Valladolid
+34 983 423670
jadiego@infor.uva.es

RESUMEN

Dos de las principales características de la administración son que debería ser abierta y participativa, y ambas se facilitan mucho a través de los canales que brinda la administración electrónica. Sin embargo, muchos de los procedimientos electrónicos que las administraciones ponen a disposición de los ciudadanos se inician con un escrito o una solicitud en un formulario PDF, formato no reconocido a priori por las pautas WAI de accesibilidad al contenido en la web, con lo que muchos de sus potenciales destinatarios quedarían excluidos. La Administración electrónica es una administración moderna que se relaciona con la sociedad utilizando tecnologías de la información y de la comunicación, sin necesidad de desplazamientos a las oficinas tradicionales, sin emplear papeles y posibilitando realizar cualquier trámite a cualquier hora de cualquier día del año. Por ello debe garantizar la accesibilidad y poner especial atención en las personas con algún tipo de discapacidad.

Descriptor y Categorías

*Human-centered computing ~ Empirical studies in accessibility.
Applied computing ~ E-Government.*

Términos Generales

Management, Human Factors.

Palabras clave

Accesibilidad. Administración electrónica. PDF.

1. ADMINISTRACIÓN-e y MARCO LEGAL

La Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad establece las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de las TICs. Daba un plazo máximo de 10 años para adaptarse, por lo que desde 2014 estamos en situación de decir que, por ley, debería ser obligatorio que los servicios relacionados con la Sociedad de la Información fueran accesibles. Por otra parte, la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos, crea un marco jurídico para la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la Administración Española. Previo a esta ley, todas esas referencias eran facultativas, es decir, dejaban en manos de cada

administración si implementarlas o no. A partir del 2007 se da el paso del “podrán” al “deberán”. Partiendo, por tanto, de la legislación básica de administración electrónica y de igualdad de oportunidades y no discriminación, el objetivo principal de este artículo es analizar cuán accesibles son las nuevas sedes electrónicas que se están creando por imperativo legal.

Las TIC's y las comunicaciones electrónicas son probablemente una de las mayores revoluciones de las últimas décadas y son actualmente una realidad bien asentada en la sociedad y en las relaciones, por lo que la administración no puede permanecer al margen de ellas. Por lo tanto, una administración al servicio del ciudadano está obligada a transformarse en una administración electrónica. Debe ser eficaz, eficiente y cercana al ciudadano.

La ley reconoce el derecho de los ciudadanos a comunicarse electrónicamente con la Administración, lo que supone la obligación para las administraciones de dotarse de medios TIC para que los ciudadanos puedan ejercer ese derecho. Esto ha sido todo un reto en la última década ya que la administración y los profesionales que la integran han debido cambiar su mentalidad, su forma de trabajo y en parte su organización, así como realizar un esfuerzo importantísimo en la formación de sus empleados y en la adaptación de sus equipos y sistemas de información.

2. ACCESIBILIDAD WEB. FORMATO PDF

El World Wide Web Consortium (W3C) es una organización internacional que crea estándares web. Tiene un grupo de trabajo denominado WAI (Web Accessibility Initiative) que ha desarrollado unas Pautas de Accesibilidad que son consideradas normas oficiales y cumplen la mayoría de webs administrativas y gubernamentales.

PDF significa Portable Document Format. Es un formato de archivos desarrollado por la empresa Adobe Systems y ha tenido éxito estandarizando el formato de los documentos que se utilizan y transfieren en Internet. El PDF es un formato de archivos universal. Captura información del formato de varias aplicaciones (como si hiciera una foto del archivo tal y como se ve en la aplicación en la que se ha creado), haciendo posible que aparezcan en la pantalla de la persona que lo recibe.

El concepto de accesibilidad web comprende tanto que la página web sea accesible como que los recursos que alberga también lo sean. Por recursos entendemos cualquier otro tipo de documentos que tienen su propio interfaz y que en general necesitan visualizarse con programas externos diferentes de los simples navegadores web. Suelen incluirse enlazados y son todo tipo de contenido diferente de las páginas en formato HTML/CSS, como pueden ser documentos Microsoft Word, Acrobat PDF, presentaciones Microsoft Power Point, Flash, vídeos, audio, etc. Por lo tanto, para que un sitio web sea accesible, se requiere que tanto las páginas como los recursos lo sean.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCIÓN 2014, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 978-1-4503-2880-7 ...\$15.00.

Las Pautas WAI exponen “Muchos formatos no recomendados por W3C (por ejemplo, PDF, Shockwave, etc.) requieren ser vistos bien con plug-ins o con aplicaciones autónomas. Evitar estos formatos y características no estándar tenderá a hacer más accesibles las páginas. Cuando deba utilizar tecnologías no accesibles debe proporcionar una página equivalente accesible”. Pero la realidad es que este formato se ha convertido en el estándar de facto y en el más extendido para documentos oficiales, impresos y folletos con un formato fijo, predefinido y normalizado, el de uso más generalizado por tanto para escritos, solicitudes y formularios administrativos.

Adobe ha tenido en cuenta la accesibilidad en su software, pero por el momento la accesibilidad no se consigue automáticamente cuando se genera un documento, sino que hay que introducirla manualmente a través de una serie de acciones técnicas [1].

3. DATOS RECOGIDOS

La Ley 11/2007 indica claramente que la publicación en las sedes electrónicas de informaciones, servicios y transacciones respetará los principios de accesibilidad. Fruto del análisis realizado, detectamos que lo primero que debe hacer un ciudadano que desea presentar ante la administración una solicitud, escrito o comunicación es acudir a la sede electrónica de la administración correspondiente y localizar el trámite administrativo de su interés.

En múltiples sedes visitadas la información que se proporciona sobre dicho trámite o los formularios que posibilitan el inicio electrónico de ese procedimiento se presentan en documentos PDF. Por tanto, para sellarlos y registrarlos electrónicamente, previamente hay que cumplimentar on-line el PDF. Es decir, la puerta de acceso a la administración electrónica pasa en numerosas ocasiones por descargar, entender y rellenar un documento PDF que, en numerosos casos no es accesible.

¿De cuántos procedimientos y destinatarios estamos hablando? Según datos de abril de 2014 [2], la Administración General del Estado tiene más de 100 sedes electrónicas. En ellas, el 92% de procedimientos y servicios puede iniciarse electrónicamente [3], es decir, casi la práctica totalidad de ellos. En el caso de administraciones autonómicas los datos son más variables. Para empezar, el número de sedes electrónicas es mucho más reducido, por ejemplo, algunas tienen una única sede. Según datos proporcionados por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas [4], en 2012 se disponía de 9.000 procedimientos que incorporaban registro electrónico y se habían presentado casi 7 millones de solicitudes. En la tabla 1 se muestran los porcentajes de ciudadanos y empresas que en el año 2013 se han relacionado por vía electrónica con la administración [5]:

Tabla 1. Indicadores de Administración Electrónica 2013

	Ciudadanos	Empresas
Han obtenido información de las páginas web	55,9	77,6
Han descargado formularios oficiales	39,6	75,5
Han enviado formularios cumplimentados	31,9	64,4

En las sedes electrónicas se han encontrado múltiples documentos PDF que no cumplan las características que debe tener un documento para ser accesible. La mayor parte de ellos son importantes en la realización del trámite, puesto que, bien

contienen información necesaria para completarlo con éxito, bien acogen un formulario de búsqueda o de introducción de datos, o bien constituyen el propio resultado del trámite. Por lo tanto, el incumplimiento de los diferentes subcriterios de accesibilidad asociados a los documentos en este formato supone una barrera bastante grave. Si asumimos que dichos formularios tienen escasa accesibilidad, sobre todo para las personas con deficiencias visuales, cabe preguntarse qué peso tendrá esa afirmación en las cifras de la tabla 1, sobre todo en la de los usuarios que han enviado formularios cumplimentados.

Las soluciones para integrar los PDFs en las webs son tres: a) hacer ese recurso accesible e incluirlo en nuestro sitio, b) incluir todo el contenido del recurso como contenido del sitio, c) incluir el recurso no accesible y una alternativa accesible. Para decantarnos por una u otra, debería contemplarse qué tipo de sitio y recursos tenemos: ¿ya están hechas las páginas e incluidos los PDFs no accesibles o partimos de cero y tenemos que insertar PDFs nuevos en nuestras páginas? El caso es muy diferente e incidiría directamente en su coste y beneficio.

Costes. En cualquier caso, parece claro que acometer los cambios necesarios para hacer accesibles los PDFs ligados a trámites administrativos incrementaría los costes. Técnicamente no son cuestiones complejas, pero sí laboriosas por lo que ese incremento en horas de trabajo, podría repercutir en costes económicos (montante que habría que pagar a una empresa externa por las horas de trabajo o, si lo hace el personal propio de la administración, no productividad: no poder dedicar a ese personal a otros proyectos).

Beneficios. Ofrecer contenidos accesibles e implementar sitios web accesibles mejorará el mantenimiento y gestión de los mismos para usuarios con y sin discapacidad, ya que asegurará que los sitios son más fácilmente navegables y se pueda acceder a ellos desde una diversidad de dispositivos. Un sitio web accesible es robusto y tiene un coste de mantenimiento inferior a uno que no lo es. Además, si se cumplen las pautas WAI, en los buscadores se consigue un posicionamiento e indexación superior.

4. CONCLUSIONES

Los recursos electrónicos no son contenidos propios de un sitio web y hacerlos accesibles es diferente que hacer accesibles los contenidos. Sin embargo, debe garantizarse que ambos, los PDFs especialmente por su elevada implantación, están a disposición de los ciudadanos con algún tipo de dificultad para accederlos.

5. REFERENCIAS

- [1] *Accesibilidad en documentos PDF*. 2007. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO).
- [2] Directorio de sedes electrónicas. En *060. Punto de acceso a la Administración Española*. http://www.060.es/060_Home/GuiaEstado/WebsPublicas/DirectorioDeSedesElectronicas.html.
- [3] Observatorio de Administración Electrónica. http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_OBS_AE.html.
- [4] *La Administración electrónica en las Comunidades Autónomas. Resultados CAE 2012*. Madrid, 2013. Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas.
- [5] Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/>

Building an Easy to Use Flexible University Timetabling User Interface

Carlos G. Prieto Álvarez
UsaLab / Universidad
Tecnológica de la Mixteca
Km. 2.5 Carretera a Acatlima,
69000, Huajuapán de León,
Oaxaca, México
ingsoft.carlos.prieto@gmail.com

Lluvia Morales Reynaga
Universidad Tecnológica de la
Mixteca
Km. 2.5 Carretera a Acatlima,
69000, Huajuapán de León,
Oaxaca, México
lluviamorales@gmail.com

Mario A. Moreno Rocha
UsaLab / Universidad
Tecnológica de la Mixteca
Km. 2.5 Carretera a Acatlima,
69000, Huajuapán de León,
Oaxaca, México
sirpeto@gmail.com

José Figueroa Martínez
Universidad Tecnológica de la
Mixteca, Km. 2.5 Carretera a
Acatlima, 69000, Huajuapán de
León, Oaxaca, México
coloso@gmail.com

ABSTRACT

University timetabling, better known in the community as course timetabling, is a widely studied issue for problem solving and operational research community. For many years, research groups in many universities have been developing possible solutions that, in most cases, solve only a small portion of the problem. In this poster, we propose a way to solve the timetabling issue using the power of a robust algorithm with a user interface which represents a real-world problem. This algorithm and user interface combination allows us to take into consideration that each university has their own constraints such as a large number of students, limited classrooms, common halls and a certain number of university lecturers, which makes necessary the development of a flexible problem constraints definitions and a proper representation. Preliminary tests show that our user interfaces are mostly accepted and they are easy-to-use for the users involved in the timetabling process of our university.

Categories and Subject Descriptors

H.5 INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION;
H.1.2 User/Machine Systems, Human information processing

General Terms

Algorithms, Human Factors, Design.

Keywords

Knowledge representation; course timetabling; user-centered design; usability.

1. INTRODUCTION

Course timetabling is a major problem encountered in virtually every high school, college and university around the world. Over the years it has been solved through many approaches [2][3][4]. Also, there are many specialized software tools to solve it according to the needs of large institutions [1][3][5], and several competitions have been developed in order to standardize it. However, each school has their own constraints.

That is why, using our university as a measure of change and constraints complexity, we have developed a transformation process for dynamically recovering information from a Web

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interacción'14, September 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

System which interacts with different users involved in the timetabling problem solving process and then, the solver uses this information (transformed).

Throughout this poster, we show our approach in the context of similar techniques for the same topic. After that, we present the knowledge representation (including data and constraints) as well as the management through a detailed interface. Finally, we present the interface development process and our conclusions so far, and future work.

2. PROBLEM REPRESENTATION

In order to find valid solutions for a problem, a metaheuristic requires having a right description for it, a description capable of representing all the aspects for the problem's domain. This is why, as shown in Figure 1, the basic unit of a solution vector that represents an assignment of course, lecturer, classroom and time to a specific group has been proposed.

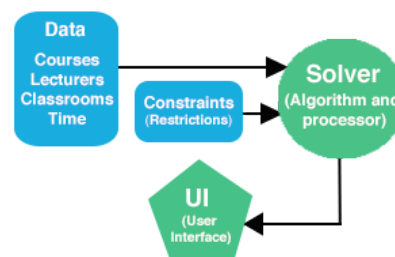


Figure 1. Block representation between the required data, our solver (algorithm) and the user interface.

The way in which our university solves this kind of problem is by using really large Microsoft Excel spreadsheet. This file contains all the information from the different majors, classrooms, students and some limitations relating to the facilities. An Administrator tries combinations in order to create a complete, whole timetabling process. This work takes at least one month, and in the Administrator's own words, it is because he has to make a lot of verifications based in the total number of constraints.

3. PRELIMINARY EVALUATIONS

The interface development process was carried out following the initial part of the User Centered Design methodology (UCD). As an initial part of the process, interviews were conducted with a significant proportion of users whom would use the system, this taking into account 130 professors, two administrators and nine career advisors. Using this information, the main requirements important for the initial design were raised. The initial design goal was to present the users just how the final system would look, as

well as allowing us to obtain an early evaluation and comparison between this version and the original one.

The system's interfaces were designed to facilitate the way in which information is registered in order to create the general schedule plans of the university. Most of them are user's forms whose information is used by the search algorithm. The resulted interfaces are designed so the user would only see the finished "Term Schedule" which contains the results for different combinations of the main elements, as courses, groups, lecturers, time duration and rooms.



Figure 2. Usability testing conducted at the UsaLab in our university with two users at the time.

3.1 Methodology Detailed

Typical users of our system would be the university scheduling administrators, as well as "Jefes de Carrera", their secretaries and university lecturers interested in their own schedules. We realized early on that some of them work in pairs with co-workers in order to discover their way into the system. With that in mind, we devised a usability study with real users, using a Cognitive Walkthrough method along with a facilitator from our team; Think Aloud protocol was encouraged with a final questionnaire at the end. Figure 2 shows the arrangement of the testing in our usability laboratory facilities, the UsaLab, in our university.

Finally, the resulted, improved interfaces are as follow: Figures 3 and 4 show two of them:



Figure 3. Visualizing the Map: the interface presents the user with an interactive campus map in which he/she could refer to detailed information about schedules and facilities.



Figure 4. Setting the Constraints: from here, the user can create complex restrictions for the system by simply dragging words and rules into the box, thus creating restrictions.

Although the interfaces are far from perfect, they are on the right track. The usability testing proved that the users could perform their required activities within a time constraint and with a more than a regular level of satisfaction. User's feedback was taken into consideration for the new iteration of the development of the user's interfaces. Surely, a new evaluation should lead to better values and a higher understanding of the user on a very complex series of tasks. The system's objective is to create a simple, yet powerful tool which could help the users in their work. A user centered design approach is ideal.

4. CONCLUSIONS

After the initial research, design and evaluation process, we consider that the proper use of user interface elements creates the entire timetabling process more easily for the administrators so the whole university could benefit from this proposal.

Finally, the evaluations under the mixed initiative Web interfaces, by using a User Centered Design approach, and taking into account the different types of users involved in the timetabling generation have been conducted, with promising results about the usage of the decision support system in our university.

5. REFERENCES

- [1] I. Abdelraouf, S. Abdennadher, and C. Gervet, A Visual Entity-Relationship Model for Constraint-Based University Timetabling. 2011 *arXiv preprint arXiv:1109.6112*.
- [2] M. W. Carter and G. Laporte, Recent developments in practical course timetabling. In *Practice and Theory of Automated Timetabling II* 1998, pp. 3-19. Springer Berlin Heidelberg.
- [3] R. Lewis, "A survey of metaheuristic-based techniques for university timetabling problems", *OR spectrum*, vol. 30(1), 2008, pp.167-190.
- [4] P. Sanja and E. K. Burke, "University timetabling", *Handbook of scheduling: algorithms, models, and performance analysis*, vol. 45, 2004, pp. 1-23.
- [5] M. Zeising and S. Jablonski, "A Generic Approach to Interactive University Timetabling". In *ACHI 2012, The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, 2012, pp. 84-89

CONTROL OF A WHEELCHAIR SIMULATOR IN A THREE-DIMENSIONAL ENVIRONMENT USING EYE BLINK DETECTION THROUGH NON-INVASIVE BRAIN-COMPUTER INTERFACE

Ânderson R. Schuh,
 Universidade Feevale,
 andersschuh@gmail.com

Alessandro Lima,
 Universidade Feevale,
 alessandroplima@gmail.com

Gustavo Morche,
 Universidade Feevale,
 gustavomorche@gmail.com

João Mossmann,
 Universidade Feevale,
 mossmann@gmail.com

Marta R. Bez,
 Universidade Feevale,
 martabez@gmail.com

Brain-Computer Interface (BCI) is a computational system capable of establishing communication between neurophysiological activity and a computer. This paper presents the study and the development of the prototype of a wheelchair simulator in a three-dimensional environment, controlled by non-invasive BCI.

To this end, we used a low-cost electroencephalogram, the NeuroSky Mindwave (Figure 1), as the device for signals acquisition. For the development, the game engine Unity3d was used.

The prototype can detect the blink of eyes, and, therefore, this feature is used as a command to the simulator.



Figure 1– NeuroSky Mindwave.

Initially, the control interface was developed. It consists in three buttons that make possible for the user to turn left and right and go forward. Automatically, the system draws attention to each button for a period of time and, after that, switches to the next button. When the user wants to select the command being highlighted, he must blink. When he selects the command, it will start to be executed. To stop the execution, the user must blink again. In this moment, the process described above starts again.

The wheelchair was made using an already existing product as a reference: the Jazzy Select Elite. Other than being a motorized chair, it has a moving system that allows the user to rotate it 360° in a smaller radius than other products. This contributes to a better movement control through the developed interface.

Also, a system of sensors was developed, with the intention of avoiding collisions. In that way, it is possible to affirm that the chair control is shared: the user shares the control with the wheelchair's intelligent command system.

Two 3D environments were developed, with the intention of replicating real places where a wheelchair can be used. Both environments are controlled: that means they have a boundary of where the chair can go: only in allowed places. The sensors are sensitive to the boundaries and the obstacles. In the Figure 2 show the simulator in execution.

The simulator will be used to train people with special needs, in a way that when they use the wheelchair, it will be easier to control the equipment, preventing accidents.



Figure 2– Screen of the simulator running

WOLPAW, Jonathan R. et al. Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology* 113. 2002.

LEBEDEV, M. A.; NICOLELIS, M. A. L. Brain-machine interfaces: past, present and future. *TRENDS in Neurosciences* v. 29, n. 9, Duke University, Durham, USA, 2006.

NICOLELIS, M. A. L. 2011. *Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains With Machines-And How it Will Change our Lives*. ISBN: 0805090525, Henry Holt

Description of “ICT Ways for Science Classrooms” project

Alexandra Baldaque
Universidade Portucalense
Porto, Portugal
(+351) 91 9612025
baldaque@upt.pt

ABSTRACT

In the recent years there has been, at European level, an increase in the implementation of Information and Communication Technologies (ICT) in Education, due to different strategies and policies implemented in several projects since the 80s.

In the literature much has been debated about the potential of ICT and its applications in Education. It discusses and problematizes how ICT can help to extend or renew the traditional means of knowledge production bearing in mind that they allow access to multiple opportunities for interaction, mediation and expression, facilitated by flows of information and operational flexibility.

The reality we see in primary and secondary schools leads us to realize that the ICT measures recommended by government in schools are not being fully implemented, at least effectively between students and teachers.

In this way, the main proposal of this investigation is to draw a roadmap of the implementation/use of ICT in Primary and Secondary Schools in order to assess their use and thus design guidelines in order to find best practices of ICT use in teaching-learning processes. In particular, the study and design focus on the application of ICT in sciences teaching and learning.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education – Collaborative learning.

General Terms

Documentation, Experimentation.

Keywords

ICT in the Classroom, innovative learning, Science Teaching.

1. INTRODUCTION

The impact of the implementation of technology can be seen throughout the field of education. Rule et al. [4] discuss the “boom” of 80 years, where technology has revolutionized the sharing of information and knowledge in various areas, including education. Such changes are occurring at great speed in the world, but in many cases, educational institutions continue to make a real effort to continue these same changes, this being attributed to a lack of resources, the administrative focus and evaluation programs are inadequate.

If we were sensitive to the amount and diversity of resources that have been installed in European schools and to the results

obtained by some studies of its use, we conclude that there are large discrepancies not yet explained. Therefore, it is necessary more investigations to ascertain the process of implementing Information and Communication Technologies (ICT) in European schools that inventorying what actually exists in those schools, which are being used by teachers and students and how. Having identified the gaps and needs level of ICT in schools, we will be able to propose recommendations for a more intense and effective use of ICT in the teaching and learning process. It is important to identify the suitability of the ICT skills of teachers in order to create new training that meet these knowledge gaps.

In particular, this project relates to science teaching and learning. We are witnessing the difficulty that primary and secondary education students have with Mathematics and other Science topics.

2. PROBLEM CONTEXTUALIZATION

The problem of this project is focused on how teachers should introduce ICT in classrooms. And this is a widespread problem as stated by several international and national comparative studies like PISA or TIMMS. This is not due to lesser skills of these youngsters but is probably due to misconceptions and lack of motivating strategies that integrate technology correctly. We cannot forget that this generation is the “net-generation” or “digital natives”. They quickly absorb information in shorter chunks, through images and video rather than text, and they are able to “multitask”. They expect instant responses and feedback. They are in permanent (online) connection with friends (local or remote) and they expect to be active in their learning.

This generation expects that science learning to be more than simple fact or formula throwing by the teachers. They want to be able to integrate their learning in their social-communication-technology environment. Learning depends upon actions such as experimenting, comprehending, visualizing, abstracting and demonstrating, by means of which the learner succeeds in constructing his own knowledge [2].

Teachers must realize the possibilities and advantages of different new approaches to teaching science. They must be comfortable and motivated to use new tools so that they can participate with their students in experiments. They must understand and be able to show the close relation between everyday life and science. Connecting research to primary and secondary school education can foster the development of new forms of teaching science and motivate students for a learning path into science and technology [3]. It is necessary in this context and our motivation in this project, to analyze, reflect on the current situation and produce

guidelines pointing towards the improvement of teaching and learning with ICT.

3. PROJECT AIMS AND EXPECTED RESULTS

This project has as main objective to draw a roadmap of the implementation/use of ICT in Primary and Secondary Schools in order to assess their use and thus design guidelines in order to find best practices of ICT use in teaching-learning processes. In particular, the study and design will focus on the application of ICT in sciences teaching and learning.

The network is analyzing the current practice in the application of active methodologies (inquiry-based, problem and project-based, social collaboration, game-based learning) in the scope of the consortium but also in other entities and projects. It is also analyzing interactive technologies, from digital whiteboards and mobile devices to low cost 3D systems and its application in this domain. It is creating the conditions to the exchange of good practices between participants in the network (which will grow from the set of partners to all the interested individuals and institutions).

Therefore the network's expected results are: (1) to provide an inventory of existing ICT in primary and secondary schools in Europe and the existing gaps in software and hardware, specifically for teaching and learning sciences (2) to show the current impact of the introduction of ICT in the classroom, in that domain (3) to analyze training procedures for teachers in ICT use and to assess the motivation of students and teachers to use ICT in the classroom (4) to recommend best practices for using ICT in the classroom for science teaching, including guidelines for specific hardware and software that the consortium sees as particularly relevant (5) to create a Community of Practice to increase collaborative work (6) to create ICT training modules so that teachers can get the adequate experience (7) to extend this set of modules for teachers into a proposal of a post-graduation or similar academic degree related with ICT use in schools classroom (8) to create special events to disseminate the network results, including local workshops where teachers can get hands-on practice with the tools (9) to create an European Association that sustains the community of practice after the end of the network.

4. STATE OF THE ART, METHODOLOGY AND INNOVATIVE CHARACTER

The use of ICT is usually referred to by the Governments as an essential practice in the teaching-learning process, ensuring that the integration of ICT in the curriculum is truly versatile. The development of an information society and knowledge assumed by the Governments, establishing measures to widespread access of the society, and more specifically of the schools, the media and communication, as well as improve the skills of students and teachers in ICT.

According to the Digital Agenda 2015 it is essential to support schools on the way to excellence concerning with the effective use of ICT in the teaching-learning context. The network goal is precisely to analyze if the use of ICT in the classroom is or is not happening. It is the intention of this network still inventorying the infrastructure and ICT equipment in primary and secondary schools, to identify gaps in terms of hardware and software and

enhance the use of existing equipment. This goes again against the focus of the Digital Agenda 2015 that seeks to promote the use of next generation networks for educational communities. Another task addressed in this network that coincides with the measures of the Digital Agenda 2015 is to train teachers in ICT, with content varying according to the gaps and needs identified by the previous study [1].

By doing so, it will be possible to tackle current issues on science and mathematics teaching and learning like the declining interest of students in that area, the lack of application of active pedagogical methodologies like problem-based learning or inquiry learning, the lack of motivating materials, using current technologies, to support students practice in or outside the classrooms. Some interesting and upfront projects that apply these methodologies like Pollen or SINUS already exist but there is still not enough critical mass to sustain a systematic application. That is one aspect that this project can contribute to.

The research team will contribute in one part with their theoretical knowledge and experience in using ICT in teaching-learning process as teachers, and secondly by their experiences and collaborations in the area of Education and ICT use, organizing seminars under the theme, and training and coordinating teachers in their practice in ICT areas in basic and secondary schools, creating new and innovated courses or various curricular units on the theme of ICT.

This network methodology is mostly based on the design and development of the tools that support the Community of Practice and develop it into a full grown European Association. Therefore tasks relate, on one side, on the development of the Community (research, design and develop) and, on the other side, focus on the dissemination of the network and getting new members to join. In parallel there will be the network management and quality assurance.

The network aims to contribute to the knowledge of society in general and the educational community in particular an in an innovator way, by producing an analysis of ICT in schools and shortcomings of hardware and educational software for sciences, a catalogue of good practices in the use of ICT in the classroom of the various scientific areas and in the training of teachers enabling them to use ICT in the teaching-learning process within the Basic and Secondary Schools.

5. REFERENCES

- [1] APDSI. 2011. *Do plano tecnológico à agenda digital*. DOI=http://www.apdsi.pt/uploads/news/id434/gan_apdsi_10%20Tomada%20de%20posi%C3%A7%C3%A3o.pdf.
- [2] Cohen, L., Manion, L. and Morrison K. 2004. *A Guide to Teaching Practice*. RoutledgeFalmer.
- [3] Guzey, S. S., and Roehrig, G. H. 2009. *Teaching science with technology: Case studies of science teachers' development of technology, pedagogy, and content knowledge*. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9(1). DOI=<http://www.citejournal.org/vol9/iss1/science/article1.cfm>.
- [4] Rule, S., Salzberg, C., Higbee, T., Menlove, R. and Smith, J. 2006. *Technology-mediated consultation to assist rural students: A case study*. Rural Special Education Quarterly 25(2), 3-7.

EET'14
Engendering Technologies

Digital Inclusion of Low-Income Women: Are Users of Internet Able to Improve their Life Conditions?

Ana M. González Ramos
Open University of Catalonia
C/Roc Boronat, 117 (7th Floor)
0818 Barcelona
+34 93 450 52 65
agonzalezram@uoc.edu

Lidia Arroyo Prieto
Open University of Catalonia
C/Roc Boronat, 117 (7th Floor)
0818 Barcelona
+34 93 450 53 47
larroyop@uoc.edu

ABSTRACT

This paper addresses changes in the objective and subjective conditions of low-income women who may stir a process of transformation due to their digital inclusion. Supposedly, ICT (Information and Communication Technologies) are a powerful instrument for social change and the Internet, especially, has been highlighted as a positive tool for this transformation. Internet users would improve life conditions and, particularly, low-income women would gain some advantages in their lives in the medium- and long- term. This work explores the impact of digital inclusion in the following dimensions of women's lives: employment, family and private spheres. The results point some measures that policy makers would integrate in the European digital agenda to reduce social exclusion and poverty.

Keywords

Digital inclusion, digital divide, gender gap, women empowerment

1. INTRODUCTION

The relationship between technology and society remains a stimulating debate in social sciences and social technology studies. The main debate refers to the co-influence of technology and society since simple inventions modify the quotidian existence of human beings. Computers and the Internet are primary technologies in contemporary society which has been defined as a network society, globalised and multi-connected [1]. In the last decades the Internet has become central to the development of regions and the social integration of citizens. The European mainstream policies suggest that the digital inclusion through the implementation of e-learning and accessible technologies would close the digital divide, poverty and inequalities at the same time [2]. This statement is quite general and very optimistic, therefore some studies are necessary to confirm the benefits and evaluate the social impact.

Another line of discussion addresses gender and technology studies. In the first place, women present great vulnerability and major difficulties of social integration (which is evident through education, employment, health and poverty rates) [3, 4, 5]. Secondly, although the gender gap is decreasing over the world, the percentage of women using the Internet is lower than men's [6, 7, 8]. Thus, women place a vulnerable position in both poverty and e-inclusion which require effective actions from governments.

The European Commission has suggested that e-inclusion would boost the opportunities of low-income women and counterbalance the risk of social exclusion [1, 9]. This work explores the validity of this hypothesis, more precisely, what spheres of life conditions (employment, social improvement and empowerment) experiment low-income women through digital inclusion. There is a large body of literature on gender and technologies focus on the self-inclusion of women on technologies [10, 11, 12, 13, 14]. Since technologies have been considered a male production of knowledge, women have been traditionally excluded from the process of creation, development and dissemination. Women have been traditional producers and users of technologies [15, 16, 17, 18, 19], but the hegemonic discourse has excluded women from technological areas. By contrast, women have been considered technophobic and resistant to the introduction in the technological sphere.

This paper is organized in the three sections. Firstly, we present the research questions and political implications linked to the study of this topic. The next section explores theoretical and empirical evidence on women's participation in technologies. And, finally, we present the conclusions of this work and suggestions to improve the digital agenda in Europe.

2. WOMEN AND TECHNOLOGIES

Women and technologies show a complex relationship as a consequence of malestreaming in society that denies the participation of a great part of population. In the present section we firstly expose the debate about neutrality of technologies that deprives women inclusion and, in the following section, we explore the implications of ICT inclusion from a gender perspective.

2.1 Gender and technologies studies

Social technology studies have shown that the creation and utilization of technologies involve political values and, contrary to common understanding, technologies are not neutral [20, 21, 22, 23, 24]. Consequently, the process of shaping technologies (which is related to the creation and adaptation of technologies to the demand of the population) also depends on gender which translates material and non-material innovations to their own meanings and usefulness. Feminists underline that technologies are biased by gender distribution of power [25, 26, 27, 28] which impedes women appropriation. Some authors try to change the direction of the neutral hegemonic discourse; they point out that women adapt technologies to their necessities, a process called domestication of the technologies [29]. A subsequent question is whether women use technologies in a transformative way or a reproductive way for improving life conditions and developing

personal fulfillment [17, 30]. This refers to the capability of changing the social rules and raises the question of the role of technologies for social change.

The works on ICT are focused on the potential transformation and the problems caused by the digital divide, since ICT are the core of contemporary society. Digital competences are key elements for developing basic functions in the labor market and social sphere. The lack of skills to develop basic functions as employees and citizens would cause social exclusion [31, 32]. Despite the importance of digital competence, some authors also underline that skills and access to ICT are a necessary but not sufficient condition to social inclusion. Exclusion goes beyond the access and competences of ICT because it depends on other types of exclusion.

Women have less opportunities because of traditional system of role distribution. For example, regarding ICT even if gender divide would close, women would suffer some other exclusions related to time and the type of utilization of ICT. Women would use less time and more oriented to goals than men on the Internet [7, 27], resign with the old model of mobile or computer, etc. Social roles also limit the digital inclusion of low-income women because of accessibility (access to computer, mobile, the Internet and the lack of skills and competences), and regarding what purposes women are able to take advantage of (i.e. they would consider playing games or even using them as an inappropriate use) or for whom they use them (i.e. they would spend more time using the Internet for purposes that involve family members, children health problems, jobs for children, trips for married couples, etc.). There is no statistical information about these dimensions, despite the relevance of this issue. Women are also clearly underrepresented in technological professions which prevent the design and development of technologies [33, 34, 35, 36]. Only a minority of women become creators and developers which entails a waste of talent and the restriction of ICT design to male perspectives. Some authors claim more inclusive approach of technology that boosts the participation of women in ICT sector as professionals and increases the number of women producers of contents even if they are not professionals [11, 18, 37, 38].

The Internet is often used as an extended synonym for ICT because it represents the Web Wide World, global access to strategic information and, consequently, an instrument for labor and social inclusion. The design of e-inclusion policies are focused on the reduction of gender bias in order to reduce the social exclusion of girls and women [41, 42, 43, 44]. From cyberfeminism, the Internet and cyberspace would play an emancipator role for women who would handle the construction of sex and gender identity [12, 39, 40]. Although the Internet may improve life conditions, women are also negatively affected. Women are exposed to the risk of global communication, harassment and bullying. It raises the debate about ICT as a new source of negative impacts on women's lives.

2.2 The implications of digital inclusion on low-income women

There is a lack of studies focused on the impact of digital inclusion through different dimensions of life conditions and, in addition, low-income women are usually not the target population but women in general. Frequently, studies refer to women as a group but intersectionality indicates the singularity and heterogeneity of every women. They place a position where

different oppressions are working [45, 46]. For example, low-income and ethnicity or sexual orientation and geographical origin modify the experience that every woman has with technologies and the opportunities that they get from the frequent use of ICT. Thus, studies are partial with respect to the focus of the research question: Does digital inclusion have any implication in the changes occurring in the lives of women with low-income? What dimensions of their everyday lives might more likely transform on the basis of globalization, networking and centrality of ICT characterizing contemporary society? To what extent can technologies be transformative in the sense of reduction of gender inequalities or reproductive of traditional roles?

Policy makers have paid attention to gender, digital skills and employment as a consequence of great work changes of knowledge in? society [7, 43, 47, 48]. Digital competences are fundamental for every occupation in the current labor market. The use of technologies embeds low-skill as well as high-skill professions which make women more vulnerable if they lack digital competences. Social exclusion starts from the absence of digital skills since ICT is a work tool at workplaces and a via of job access (for information, elaboration of curricula, creating contacts, etc). In parallel, employment and economic resources are a primary source of social integration. ICT are the focus of human development policies: mini-credits and mobiles are the starting point of entrepreneurial initiatives of women in rural communities, e-skills courses and telecenters the meeting point of young women job-seekers. Thus, digital skills are totally required for their inclusion in the labor market, although it is only an addition to the necessary, and previous qualification (high skill professionals as computer development as well as low skill employee in the service sector, for example, as a waiter). As it can be observed in Table 1, in Spain, the use of the Internet for searching a job is approximately 25%, regardless the level of education and gender.

Table 1. Internet use: job search or sending an application by sex and level of education (% of users of the Internet). Spain. 2011

	Low Formal Education	Medium Formal Education	High Formal Education
Females	24	26	24
Males	25	25	26

Source: Eurostat, ICT usage in households and by individuals

Apart from employment, integration entails other social spheres from networking, sociability and social participation to personal fulfillment and development of personal identity. In the book *Cinderella or Cyberella?*, Hafkin and Huyer [7, 49] claim a space of one's own in cyberspace, comfortable and natural for women. Also Faulkner and other authors [11, 17, 18, 19, 20] suggest a friendlier environment to recruit women in production and designing technologies and contents on the Internet. At the same time, the design of technologies should be adapted to women's demands/needs, for example, related to sexuality, health and sociability. Designers usually focus on creating pink-technologies when they create technologies for women instead of participatory design. Els Rommes shows the positive impact of designing technologies in the city when men and women's opinions have been taken into account [18]. At this point it is clear to include the intersectionality of women paying attention to the economic, social and cultural dimensions that affect them. For

example, the usefulness of sex health should consider cultural and religious identity to target a group of women.

The Internet is a fundamental via to social inclusion in the sense that foster civil participation and networking of women with common interests but separated geographically. Immigrant women, women living in rural, isolated regions, non-accepted identities and activists take advantage of the Internet and global networking for the fight of human rights. However, language and ethnic differences are common obstacles to put these women together. The utilization of blogs and website platforms is a cheap and accessible tool to democratize gender equality advocacy. Information is easy to find and fast to disseminate, which facilitates the civil participation of women even when they lack fundamental resources. Elisabeth Friedman explains that the Internet contributes to foster consciousness of gender issues and to reduce the ostracism for expressing stigmatized ideas and identities [50]. She also warns about hierarchical structure under supposedly horizontal organization which would impede democratic participation of separate nodes of the network and the utilization of speedy communication, non-contrasted news and overexposure to sensible information (she mentions the negative consequences of Amina's campaign in Western countries which would have endangered law actions in Nigeria Court). Moreover, with regard to the citizenship participation, women with low level of education participate substantially less than women with medium or high level of education and also fewer than lower educated men.

Table 2. Internet use: Interaction with public authorities by sex and level of education (% of individuals who used Internet within the last year) Spain. 2011

	Low Formal Education	Medium Formal Education	High Formal Education
Females	36	62	77
Males	45	65	81

Source: Eurostat, ICT usage in households and by individuals

Finally, there is little information about the impact of the ICT on low-income women regarding personal fulfillment, management of family issues and the process of empowerment. As potential instrument of connectivity, women would benefit from resources to counterbalance isolation and unhappiness. On one hand, blogs about baking written by mothers illustrate that the Internet is a powerful tool. On the other hand, the Internet shows the neglect of managing personal relationships, for example, when dating enterprises exclusively dominate the market share rather than female and personalized services oriented to diverse women and needs. Women empowerment through the ICT is strongly suggested by authors and implemented in the final goals of gender policies because of connectivity. Supposedly, access of information and networking is enough to prepare women to act, however, it is necessary to develop this capability. Thus, the ICT are potentially a powerful tool we need to shape women. Another discussion entails the direction of change that women impose on the domestication of these technologies. Although technologies are naturally related to innovation and change, some innovations would create new solutions reproducing the same stereotypes. For example, health webpages repeat traditional roles of female beauty, which sometimes are unhealthy ads, instead of introducing more flexible patterns.

3. CONCLUSIONS

This work aims to explore the impact of objective and subjective factors affecting low-income women who were previously digitally included. Positive assumptions about ICT suggest that the decrease of digital divide would reduce poverty and social exclusion. However, women were traditionally excluded from innovation and technologies and present low rates of participation in uses of ICT as users/consumer and professionals.

This paper examines the digital inclusion, particularly focused on ICT, from a gender perspective. The hypothesis about the positive effects of ICT on employment, fulfillment and empowerment shows complex outcomes. On one hand, ICT are central to contemporary society and women remain excluded unless they show digital skills. On the other hand, ICT do not promote social changes by themselves, it is necessary to eradicate other social exclusions. Connectivity to the Internet appears as a mechanism of improvement of life conditions of low-income women, but emancipation is difficult if women are not aware of their potentiality using the Internet. Finally, as a social construction, ICT may also endanger women's position. The design of technologies and the contents on the Internet should take into account a respectful vision of women and a intersectional position of women in the worldwide culture.

The digital agenda should incorporate this complexity. Currently, policies are focused on the limited perspective of ICT and positive correlation between the digital inclusion and the reduction of social exclusion. Global figures require thorough analysis of time, types of uses and motivation of passive and active use of ICT (as users and creators). ICT potential includes learning and employment (as employees and entrepreneurs) but usefulness covers fulfillment and sociability.

4. NOTES

This work is part of an ongoing research of the doctoral student Lidia Arroyo Prieto which aims to examine the continuities and discontinuities of identity transformation of low-income women that are digital included.

5. REFERENCES

- [1] Castells, Manuel. 1996. *The Information Age: Economy, Society and Culture*. Oxford: Cambridge.
- [2] European Commission. 2010. *The European Platform Against Poverty and Social Exclusion: A European Framework for Social and Territorial Cohesion*. SEC(2010) 1564 final. Brussels.
- [3] Chen, Derek. H.C. 2004. "Gender Equality and Economic Development: The Role for Information and Communication Technologies." World Bank Policy Research Working Paper (3285).
- [4] Brants, Kees, and Frissen, Valerie. 2003. "Inclusion and Exclusion in the Information Society. Final Deliverable The European Media and Technology In Everyday Life Network, 2000-2003". Amsterdam: University of Amsterdam/ASCoR & TNO Strategy, Technology and Policy.
- [5] Huyer, Sophia, and Mitter, Swasti. 2003. "ICTs, Globalisation and Poverty Reduction: Gender Dimensions of the Knowledge Society." Gender Advisory Board, United Nations Commission on Science and Technology for Development (UNCSTD).

- [6] Galacz, Anna and Smahel, David. 2007. "Information Society from a Comparative Perspective: Digital Divide and Social Effects of the Internet." *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*.
- [7] Castaño, Cecilia (dir.). 2008. *La Segunda brecha digital*. Madrid: Cátedra. Universitat de València. Instituto de la Mujer.
- [8] Castaño, Cecilia; Martín, Juan and Martínez, José Luis. 2011. "La Brecha Digital De Género En España y Europa: Medición Con Indicadores Compuestos." *Reis. Revista Española De Investigaciones Sociológicas* (136): 127-140.
- [9] Zheng, Yingqin and Walsham, Geoff. 2008. "Inequality of What? Social Exclusion in the E-society as Capability Deprivation." *Information Technology & People* 21 (3): 222-243.
- [10] Cynthia Cockburn; Ruza Fürst Dilic (Eds.). 1994. *Bringing Technology Home: Gender and Technology in a Changing Europe, 94-110*. Buckingham; Philadelphia: Open University Press.
- [11] Faulkner, Wendy. 2001. "The Technology Question in Feminism: A View from Feminist Technology Studies." *Women's Studies International Forum* 24: 79-95.
- [12] Haraway, Donna Jeanne. 1995. *Ciencia, Cyborgs y Mujeres: La Reinención de La Naturaleza*. Madrid [etc.]: Cátedra: Instituto de la Mujer: Universitat de València.
- [13] MacKenzie, Donald A., and Wajcman, Judy ed. 1999. *The Social Shaping of Technology*. 2nd ed. Maidenhead, England: Open University Press.
- [14] Wajcman, J. 2000. "Reflections on Gender and Technology Studies: In What State Is the Art?" *Social Studies of Science* 30 (3): 447-464.
- [15] Wajcman, Judith. 2006. *El Tecnofeminismo*. Madrid : Cátedra; Universitat de València; Instituto de la Mujer.
- [16] Oudshoorn, Nelly, and Pinch, Trevor J. 2003. *How Users Matter: The Co-construction of Users and Technologies*. Cambridge (Mass.): The MIT Press.
- [17] Lie, Merete, and Sørensen, Knut H.. 1996. *Making Technology Our Own?: Domesticating Technology Into Everyday Life*. Scandinavian University Press North America.
- [18] Rommes, Els. 2002. "Creating Places for Women on the Internet The Design of a 'Women's Square' in a Digital City." *European Journal of Women's Studies* 9 (4) (November 1): 400-429.
- [19] Sørensen, Knut Holtan; Faulkner, Wendy and Rommes, Els. 2011. *Technologies of Inclusion: Gender in the Information Society*. Tapir Academic Press.
- [20] Vergés, Núria. 2012. "De la exclusión a la autoinclusión de las mujeres en las TIC. Motivaciones, posibilitadores y mecanismos de autoinclusión." *Athenea Digital - Revista de pensamiento e investigación social* 12 (3) (June 11): 129-150.
- [21] Bijker, Wiebe E., Thomas Hughes, and Trevor Pinch, ed. 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. [Papers of a Workshop Held at the University of Twente, The Netherlands, in July 1984]. MIT Press.
- [22] Wajcman, Judith. 2006. *El Tecnofeminismo*. Madrid : Cátedra; Universitat de València; Instituto de la Mujer.
- [23] Wajcman, Judith. 2007. "From Women and Technology to Gendered Technoscience." *Information, Communication & Society* 10 (3): 287-298.
- [24] MacKenzie; J. Wajcman (Eds.). 1999. *The Social Shaping of Technology*, 2nd ed, 28-40. Maidenhead, UK: Open University Press.
- [25] Cockburn, Cynthia. 1993. *Gender and Technology in the Making*. London: Sage.
- [26] Berg, Anne-Jorunn. 1994. "Technological Flexibility: Bringing Gender into Technology (or Was It the Other Way Round?)." In Cynthia Cockburn; Ruza Fürst Dilic (Eds.) *Bringing Technology Home: Gender and Technology in a Changing Europe, 94-110*. Buckingham; Philadelphia: Open University Press.
- [27] Simões, Maria João. 2011. "Género e Tecnologias Da Informação e Da Comunicação No Espaço Doméstico: Não Chega Ter, é Preciso Saber, Querer e Poder Usar." *Configurações* (8): 155-162.
- [28] Silverstone, Robert, and Hirsch, Eric. 1992. *Consuming Technologies: Media and Information in Domestic Spaces*. London; New York: Routledge.
- [29] Warschauer, Mark. 2004. *Technology and Social Inclusion: Rethinking the Digital Divide*. New Ed. The MIT Press.
- [30] Korupp, Sylvia E., and Szydlík, Marc. 2005. "Causes and Trends of the Digital Divide." *European Sociological Review* 21 (4) (June 6): 409-422.
- [31] Rogers, Everett M. 2001. "The Digital Divide." *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies* 7 (4) (December 1): 96-111.
- [32] Cohoon, Joanne M. and Aspray, William. 2006. *Women and Information Technology: Research on Under-Representation*. Massachusetts: MIT Press.
- [33] Margolis, J. and Fisher, A. 2003. *Unlocking the Clubhouse. Women in computing*. Cambridge, MA. The MIT Press.
- [34] Burger, C. J., Creamer, E. G. & Meszaros, P. S. 2007. *Reconfiguring the firewall. Recruiting women to Information Technology across cultures and continents* (pp. 65-95). Massachusetts: A K Peters Limited.
- [35] Van Oost, Ellen. 2002. "Making the Computer Masculine: The Historical Roots of Gendered Representations." In *Women, Work and Computerization - Charting a Course to the Future*, edited by Ellen Balka and Richard Smith. IFIP Advances in Information and Communication Technology, V 44. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [36] Faulkner, Wendy, and Lie, Merete. 2007. "Gender in the Information Society Strategies of Inclusion." *Gender, Technology and Development* 11 (2) (May 1): 157-177.
- [37] Cecilia Castaño Collado; Ana M. González Ramos. 2009. *El empleo femenino en el sector TIC empresarial. Pensamiento Iberoamericano*. 2 (5): 235-272.
- [38] Plant, Sadie. 1998. *Ceros + Unos: Mujeres Digitales + la Nueva Tecnocultura*. Ediciones Destino.
- [39] Haraway, Donna Jeanne. 1995. *Ciencia, Cyborgs y Mujeres: La Reinención de La Naturaleza*. Madrid [etc.]: Cátedra: Instituto de la Mujer: Universitat de València.

- [40] Bonder, Gloria. 2002. "From Access to Appropriation: Women and ICT Policies in Latin America and the Caribbean." In United Nations Division for the Advancement of Women Expert Group Meeting on "Information and Communications Technologies and Their Impact on and Use as an Instrument for the Advancement and Empowerment of Women." Seoul, Republic of Korea, 11–14. <http://www.mujiresenred.net/zonaTIC/IMG/pdf/GBonder.pdf>.
- [41] Chen, Derek. H.C. 2004. "Gender Equality and Economic Development: The Role for Information and Communication Technologies." World Bank Policy Research Working Paper (3285).
- [42] European Commission. 2010. An Agenda for New Skills and Jobs: A European Contribution Towards Full Employment. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2010) 682 final. Strasbourg.
- [43] Rivoir, Ana Laura. 2013. "Estrategias Nacionales Para La Sociedad De La Información y El Conocimiento En América Latina, 2000 – 2010." Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- [44] Crenshaw, Kimberlé W. 1991. Mapping the Margins: Intersectionality, Identity Politics, and Violence against Women of Color, *Stanford Law Review*, Vol. 43, No. 6., pp. 1241–1299.
- [45] Hill Collins, Patricia and Margaret Andersen. 1992. *Race, Class and Gender: An Anthology*. Belmont: Wadsworth Publisher.
- [46] Valenduc G., Vendramin P., Guffens C., Ponzellini A.M., Lebano A., D'Ouville L., Collet I., Wagner I., Birbaumer A., Tolar M., Webster J. 2004. Widening Women's Work in Information and Communication Technologies. Final synthesis report, European Commission (IST-2001-34520), July 2004 (148 pp.).
- [47] Webster, Juliet. 1996. *Shaping Women's Work: Gender, Employment and Information Technology*. London: Longman.
- [48] Hafkin, Nancy J, and Huyer, Sophia. 2006. *Cinderella or cyberella?: Empowering women in the knowledge society*. Bloomfield, CT: Kumarian Press.
- [49] Friedman, Elisabeth Jay. 2008. "The Reality of Virtual Reality: The Internet and Gender Equality Advocacy in Latin America." *Latin American Politics and Society* 47 (3): 1–34.

Girls' Day experience at the University of Zaragoza: attracting women to technology

Maria Villarroya-Gaudó
DIIS - EINA.
Universidad de Zaragoza
maria.villarroya@unizar.es

Raquel Trillo
DIIS - EINA.
Universidad de Zaragoza
raqueltl@unizar.es

Sandra Baldassarri
DIIS - EINA.
Universidad de Zaragoza
sandra@unizar.es

Ana C. Murillo
DIIS - EINA.
Universidad de Zaragoza
acm@unizar.es

Mayte Lozano
Centro Universitario de la
Defensa Zaragoza
maytelo@unizar.es

Piedad Garrido
Escuela Politécnica de Teruel.
Universidad de Zaragoza
piedad@unizar.es

ABSTRACT

The proportion of women in engineering and technology degrees does not reach 30%, and multiple activities are performed worldwide to change this situation. This paper presents the effects of the Girls' Day activities organized at University of Zaragoza (Aragón, Spain) yearly from 2008. It consists on a day where women who play important roles, both in business and research worlds, bring students of secondary education closer to engineering and technology. After five editions, Girls' Day has achieved an extraordinary impact: it has increased the visibility of female engineers in Aragón; more female students know what engineering is about and are willing to become one; the government and other institutions have pushed and supported the event and a collaboration network of female engineers in the region has been established.

Categories and Subject Descriptors

K.4 [Computers and Society]: Organizational Impacts

General Terms

Human Factors

Keywords

women in engineering, engineering perception, gender equality, engineering studies, girls' day, outreach activities.

1. INTRODUCTION

In many countries, including most of the European countries and US, women do not reach 30% of students in technical subjects (architecture and engineering), and their presence is even more reduced in the job market [[4], [3]]. It is known that on average women obtain better grades in their studies, but when they are deciding their future career, they usually

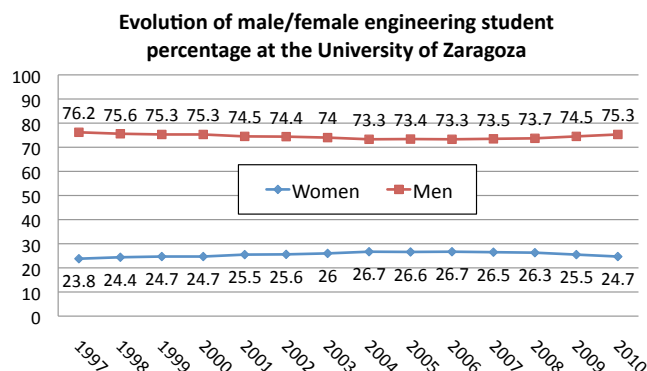


Figure 1: Evolution of students enrolled in engineering at the University of Zaragoza, between 1997 and 2010. Source: Data obtained from [[13]]

choose among a determined number of professions influenced by the role that society keeps assigning them.

As an example, we show the situation at the University of Zaragoza, although we have analyzed statistics from different regions and countries and the under-representation of women remains present. Small variations are found from one place to another and also within different technical disciplines, almost anecdotal. So, Aragón (the region where the University of Zaragoza is located in Spain) is not an exception. Querying the official gender statistics at University of Zaragoza [[13]], we note that during 1985-1986 women were 51% of the students finishing long-cycle studies (five year long degrees) and 70% in the case of short cycle studies (three year long degrees). By analyzing in detail engineering and architecture studies, which are the topics of interest for our case, in long-cycle only 7.8% of the students

It is necessary to encourage young people to view engineering studies as a feasible and rewarding option, which is exciting and a valuable contribution to the society. Gender diversity has demonstrated better results in plenty of fields, stronger development and higher market success. Many companies are already aware of these facts [[6]]. Governments, Universities and industry can take important actions to encourage

this trend.

Early positive experiences with technology are recognized as important to involve women in these fields, several success examples can be found worldwide [[7, 12]]. The Girls' Day event held in Germany, with more than ten years of experience, deserves special attention [[1]], since it has been the example and motivation we have followed to organize our event. Girls' Day is a one-day event that aims to introduce female students to science, technology and research. This activity is designed towards students in their final years of High School, and women holding relevant positions in either research or business show their professional activity.

The structure of the remainder of the paper is as follows: Section II describes the outreach Girls' Day activity, Section III presents the main quantitative results of the surveys done, Section IV analyzes the participants' perceptions and Section V shows the obtained conclusions.

2. GIRLS' DAY AT UNIV. OF ZARAGOZA

This section presents the Girls' Day performed at the University of Zaragoza [[2]], led by a group of female researchers. The aim of the activity has been to show examples of engineering products developed by teams that include women. The central part of the event consists of women engineer showing their own work and engineering female students guiding the tours around the different laboratories, groups and companies. During the different editions of the Girls' Day held in Zaragoza (November 11, 2008; October 28, 2009; March 23, 2011; March 28, 2012; November 6, 2013), we have lived different experiences and accumulated numerous anecdotes. These events have involved 2,700 students from multiple High Schools, 100 female researchers and senior engineers and more than 150 volunteers.

The event was aimed to students attending last years of High School, what corresponds in the Spanish Education System to the third and fourth year of Compulsory Secondary Education (ESO: *Educación Secundaria Obligatoria*) and bachelors.

In the first editions, whole classes from high school attended the event. We considered that we should get the information to every high-school student, and the information about the activity was sent to all the High Schools in the region and both girls and boys came to the event.

Student visits to the event were organized similarly in the different editions: attendance to plenary sessions, arrangement of small groups for the interactive activities and satisfaction surveys and farewell final activities. The main differences between the editions were mostly on how the students traveled to the venue (subsidized transport, public transport, on their own, etc.), the duration of visits (full day or not), the implication of companies and the size of the groups.

Plenary sessions, where all participants attended simultaneously, pursued to motivate the choice of a degree related to engineering and technology. This welcome speech was dedicated to explain a complementary vision of what engineering is and prepares the visitors for the activity. Whenever it is possible, recently graduated female students explained their

experience: they talked in detail why they chose their degree and where they currently worked. This quite informal talk was very helpful for future engineers.

The activities intended that participants in small groups get contact with different branches of engineering and technology, by performing small tasks that were appealing. During the five editions of the Girls' Day, there were multiple guided tours and workshops organized by research groups from different departments and centers of the University of Zaragoza or linked somehow with it (business chairs - university research institutes, spin-off companies, foundations, etc.). In addition, the Girls' Day journey has also had the participation of numerous industry-related engineering, technology and communication companies: well-known national and international companies have shown interest and participated in some of the events.

Before the farewell of the participating groups, they were requested to fill in a individual survey. The objective of these surveys was to have mechanisms to assess the scope of the event and to improve the organization of future editions taking into account the contributed ideas.

The variety of activities has been very broad, as well as the different ways researchers and companies communicated technology. In the first edition some companies came to the university campus to show that women had relevant positions and played important roles in the companies final product. Sometimes, the company was responsible for the implementation of a practical activity, such as BSH Balay, showing an induction plate experiment. This technology was conducted in the laboratories at Engineering and Architecture School, where this practice took place.

In other activities, researchers showed their laboratories and explained their daily work, the objective of their research and how to handle complex machinery, for example, how to measure the performance of an air conditioning system. Other researchers organized interactive workshops, where the main action was performed by the students themselves. In those activities students could solder connections on a plate or program a robot, among others. It was not surprising and generally observed that interest and attention of the students grows when the activity requires a lot of interaction from the student.

In summary, our experience has included from guided tours at international company offices, to small local companies and spin-offs, as well as laboratories at the University where both fundamental and applied research is done. All the activities have been leaded always by female engineers. The main activities have been performed and organized at the Engineering and Architecture School, a large school with 5000 students, but also at Teruel Engineering School (EUPT) 220 students, Centro Universitario de la Defensa (CUD), 800 students, within other Technical Schools at the University of Zaragoza. Although it was desirable to organize the same kind of activities in every location, the different realities on each school required us to customize them for each place. A short selection of the visits to companies, the characteristics of the laboratories and the experience of small Engineering Schools are presented next.



Figure 2: Visit to BitBrain Technologies: this company is a spin-off of the University of Zaragoza focused on the development and commercialization of neuro-technological applications.

2.1 Visiting Companies

Engineering is a big unknown discipline for teenagers, and even more, what an engineer can do at work. For this reason, it is also essential to invite companies to participate at our Girls' Day journeys. Big international companies detected some years ago the lack of women engineers as a problem. Some of them have even developed their own programs to attract and encourage women to apply for this kind of jobs. So, when we contacted some of these companies to join the Girls' Day initiative, it was easy to engage them.

When selecting the companies to participate, it was important the contact with universities and the transfer knowledge. Several spin-offs have been collaborating every year, and most of them have a young team, well-trained and highly motivated. The diversity of the team is a clear competitive advantage. For example, BitBrain Technologies (spin-off participating on several editions) is related to neuroscience, where it is essential the ability to focus in different ways on to the same problem. That was why BitBrain staff was composed of members with different degrees (mostly engineering but also mathematics, psychology or communications), different nationalities and is perfectly balanced in terms of number of men and women.

The spin-offs participating in the event were quite new and therefore small and innovative companies, but we considered also important the participation of big multinational companies, which have had big interest on the event. Some of them located in Zaragoza, and some other placed in Madrid or surrounding areas have also participated. These well known companies gave to the event an added value, as they were investing time in the activity, because they recognize the drawbacks of their lack of women and they were motivated to try to change that.

Therefore, despite some companies were not actively working for gender discrimination in the workplace and the reconciliation of work and personal life, they all wanted to participate, due that most of the companies valued and were keen to support initiatives that promote professional participation of women in technological fields.

2.2 Visiting Research Labs

Fortunately, more and more female professors and researchers got involved in the event each year. During the event, a lot

of different research groups showed the main goals of their research activities to the event attendees. From our point of view, it was quite important to remark that engineering is almost everywhere. So, engineering is important when building bridges or mining, but not more important than it is in medicine, health safety, comfort applications, assistance in daily tasks...

So, we have organized different types of activities with the research groups to introduce the visiting students to the engineering research world. Some of these activities have been designed as fun experiments, to demonstrate certain properties through some kind of game, while others showed the student real world research results and applications such as intelligent household appliances. Next, some of these experiments are shown, divided in these two groups.

2.2.1 Science and engineering through games

A PC as a fishbowl. An experiment to raise the curiosity of the students consisted in showing a PC in a fishbowl (as shown in Fig. 3), in order to explain the importance of components that help dissipate the heat in computing devices, and how some liquids are very good for that task.



Figure 3: Experiment performed at the computer architecture lab, a PC is used in a fishbowl to explain how heat dissipation plays an essential role in computing devices.

From Lemons to an electricity generator. One of the fun experiments designed was an exercise to generate electricity from everyday items that every student could find at home. In this experiment the students build a battery thanks to a chemical reaction, as detailed in Fig. 4.



Figure 4: Experiment performed by the High School students at Centro Universitario de la Defensa: Generating electricity with basic elements: a lemon, a nail and a coin.



Figure 5: Students analyzing the robot assigned.

A robotic workshop. Another fun activity designed to motivate while teaching engineering concepts to the students was a robotics workshop. This workshop was designed by researchers at the Robotics group (group details in next section), and it was based on previous experience in robotics courses taught in engineering degrees, adapted to the duration and previous knowledge of the students who attended the event.

The workshop was aimed at various ages, from first courses students of *ESO* until High School, in groups of about 20 participants. For the workshop different workstations in which participants made small robot programming tasks are organized. Each station had a PC and LEGO Mindstorms robot (see Fig. 5). Attendees were also provided with a script to perform the activity and prior to their group work, the researchers gave a short talk to introduce general concepts and the application of this kind of research in real world activities.

2.2.2 Motivating applications of engineering research in daily activities

Research on Robotics. One of the visits offered during our venues was to the Robotics, Perception and Real Time (RoPeRt) research group, at the Department of Informatics and Systems Engineering (DIIS). It is a well-known group in the field of robotics and artificial intelligence, that works on intelligent and autonomous systems to perform automatically tasks such as autonomous navigation or recognition of interest objects, such as signs or plates in a parking lot. As shown in Fig. 6, during the visit to this research lab, volunteering female Ph.D. students from the group explained advanced concepts through some demos with real robots available in the lab (such as the Pioneer robots, which are for instance used to research how to monitor the status of plants in crop-fields, or commercial systems such as vacuuming robot Roomba, used to research on additional every day tasks that could be automatically done by a robot for us). These activities tried to involve the students and be interactive, by letting the students manipulate and run demos with some smaller devices, such as various sensors and cameras. Besides the ideas and concepts explained, and probably more important for the even goals, this kind of visit allows the students to get to know how is the every day life of researchers and Ph.D. students in engineering groups.

Research on Induction Hobs. Another research visit that always got lots of attention, was the induction hob research lab, in collaboration with BSH, which showed how research



Figure 6: PhD students explaining the autonomous navigation algorithms in Pioneer robot.

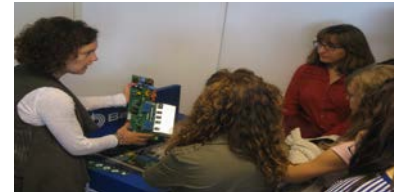


Figure 7: Researcher showing the electronic circuitry of an induction hob.

activities in that laboratory, ended up improving the appliances that we use at home everyday. In this visit was explained how the induction hobs early prototypes work, how they evolved into the innovative products available today at the market, and even newer ones to come (see Fig. 7).

2.3 Activities in Small University Schools

Although most of the activities were organized by female professors at Engineering and Architecture School at the University of Zaragoza, also small Schools from the University are interested on the event, and joined the Girls' Day. Next, we explain how to attract women to technology in the environment of such technological centres. The organization of the activities in this small Engineering Schools became tricky due to their special circumstances.

2.3.1 Visiting Centro Universitario de la Defensa

The Centro Universitario de la Defensa (CUD) de Zaragoza (<http://cud.unizar.es/>) is a publicly-owned (Ministerio de Defensa) center of higher education, and is part of the University of Zaragoza. It first opened in the 2010-2011 academic year and offers a Degree in Management Engineering (Grado en Ingeniería de Organización Industrial), thereby providing students with a preparation in technology and business as is necessary in modern-day Europe and other international scopes. Students are trained to develop capabilities for business management in industry and services in all functional areas ie. production, logistics, quality control, maintenance, purchasing, sales, product management, innovation, project management, human resources, risk prevention, corporate social responsibility, etc.

Students at the CUD become Army officers and start a career that can take them to higher jobs in the Army. The degree the students follow will produce Army officers with the training required for their professional work with a view to meeting the needs of the military as an organization, preparing the units and when working in foreign operations.



Figure 8: Experiment performed by the High School students at CUD: Magnet effects in liquid crystals.

There are several reasons that could explain why women do not choose this degree. For example, traditionally, women are not associated with jobs in engineering or as directors, or as Army officers. Perhaps that is why the data presented above is even more dramatic for the CUD than for general engineering degrees. In particular, 1148 students have studied at the CUD since its opening, at which time only 60 were women: 5.22%. Now in the 2013-2014 academic year, the total number of students is 846 out of which only 38 are women: 4.49%.

The CUD endeavours to serve the society, and has actively collaborated with Girls' Day from the outset. Therefore, on Girls' Day, the CUD provided a bus to bring a group of high school students to the *Academia General Militar* (AGM) where the CUD is located, to familiarize them with the centre and its objectives. The visiting students were met by some of the directors of the CUD, faculty researchers and military staff, all of whom explained different aspects of the engineering degree within a professional military context.

A talk was given by civilian and military authorities and professors, and the visiting students were given the opportunity to clarify any questions they had about the degree and the military training, as well as to do some experiments in the laboratories with the help of professors and researchers who tried to demonstrate the relevance of such experiments to daily life (see Fig. 4 and Fig. 8).

2.3.2 Visiting Teruel Engineering School

In the 19 years of history of the Teruel Engineering School (EUPT), only a 21.7% of its students were women. Nowadays, these numbers are even worse; in some classes there are no women.

In the academic year 2010-2011, when the first Girls' Day was organized in Teruel, there were only 3 women among the 66 students enrolled in both available degrees: Computer Engineering and Telecommunications Engineering. Therefore, initiatives such as the Girls' Day were completely necessary to overcome this problem.

So far, three editions of the Girls' Day have taken place in Teruel. The first one took place in March 2011. In that edition, 225 students of 5 High Schools of the province of Teruel attended to the activity. In particular, the following activities were organized.

A visit to the four laboratories of the research groups that work in the EUPT:

- the laboratory of communications of the Intelligent Networks and Information Systems Group, which works on Vehicular Networks and Intelligent Transportation Systems,
- the Quality Lab of the Eduqttech group, which works (among other things) in improving the quality of life of people living in rural areas,
- the Radio-Frequency Identification laboratory, integrated by people working on archaeological identification and museums, and finally,
- the laboratory in which the members of the Engineering Discrete Event Systems Group (GISED) of Teruel are working on modeling and analyzing of concurrent systems applied to logistics, manufacturing, and automation processes.

A roundtable discussion entitled "Women, Science, and Engineering in Teruel", in which participants were former female students of the University of Zaragoza working in Teruel. A visit to the "Centro de Estudios de la Física del Cosmos de Aragón (CEFCA)", in which the students visited the facilities of CEFCA and attended to a keynote focused on the evolution of galaxies.

The second edition was held in March 2012 in conjunction with the EUPT's Open Day. Although that edition could not be celebrated alone due to the lack of funding, it was a good opportunity to involve the Head and the rest of people of the management team of the School. In this edition, students visited the same laboratories of the first edition, and additionally, the Human-Centered Technologies Lab, where software for rehabilitation of stroke and cerebrovascular disease is developed. Also, a roundtable discussion entitled "Working on Engineering; Different experiences with female voice" was performed. In particular, professionals of industry, research, and social and services participated.

The latest edition themed "Come and see the future" was organized in November 2013, it included an innovative gamification activity that allowed us to attract High School students, and increased their motivation and interest towards engineering studies.

All these activities were possible thanks to the collaboration of a total of 27 volunteers (the majority of them were former students of the EUPT), which accompanied the 225 students and their tutors of the different high schools. Additionally, they offered their support to the students sharing their experiences in our University.

3. EVALUATION OF FACTORS RELATED TO STUDENTS' MOTIVATION

Survey studies have been done in order to obtain information about the reasons of students' choice of engineering studies. This section discusses, in first place, the most important conclusions after analyzing the studies carried out in each Girls' Day event and, later, the results of a survey filled by the first year students of the engineering careers at the University of Zaragoza.

3.1 Survey to High School Students

In all editions of Girls' Day a survey study has been done to the attendees for evaluating the intention of High School students of pursuing engineering studies. The main objectives for the achievement of the survey studies were to find out: the different motivation of women and men towards engineering, the level of knowledge about the profession and the impact of the GD activity. In total 2468 questionnaires were answered from the students (58,9% from female students). In detail, 1227 were collected in 2008, 725 in 2010 and 516 in 2011. Anonymity has been always guaranteed. In year 2008 we proceed two questionnaires one before the activity, and another one after it, as it was impossible to correlate both results, no extra information was obtained, therefore next years just one at the end of the activity was done.

The students had to give their opinion (1-7 scale) about the social background, parents support, perception and knowledge of engineering field and work, perceived altruistic values, and gender bias. Besides, the impact of the activity itself was evaluated. In the Appendix, an example of the questionnaires is included. The results of the first edition survey have been published in [[10]]. The analysis and results of all the editions and the questions asked in each survey can be found in [[5]]. The confidence level of the sample is 95% for each questionnaire.

Small differences have been observed among the different editions in number, age and sex of the attendants, activities, etc. However, from the analysis of the data, there are some important conclusions that emerged and remained in all of them. The most relevant results are here explained.

On all the editions, a gender gap was detected. The proportion of women highly interested in studying engineering was only 8.3% compared with 22.5% of men. This difference was even more pronounced in subjects who clearly show a low interest in this area, 60% of whom were women as opposed to 35% (men). Extensive correlations between interest groups and other parameters studied were made to reflect significant differences and trends.

One of the most significant findings of this study was that parental support in choosing an engineering career had a huge impact on the different groups regardless of gender. In the case of women highly interested in engineering studies, the role of parental support in their choice has been proved to be very important. Another significant fact was that the group of women that had decided to follow an engineering career, had a high percentage of mothers with higher levels of education to parents. And additionally, girls of that group were more likely to have family members who were engineers.

The activity itself had a positive impact on informing high school students about engineering, improving their views of engineering in general, slightly motivating them to pursue engineering careers, and changing gender-biased views of the profession. Exposing the students to a social, scientific, multifaceted, and humanitarian view of engineering had many positive results.

Engineering Perception	Women	Men
Engineering is very interesting	3.14	3.23
Engineering is very difficult	3.45	3.31
Getting an engineering degree facilitates finding a job	2.70	2.79
Engineering is a demanding job, you have to spend lot of time	3.58	3.32
In engineering is difficult to get family and professional life balance	2.20	2.36
Engineers have a good social status	3.13	2.95
Engineering makes that humanity advances	3.21	3.18
Engineering work is more womanlike than manlike	1.45	1.46
Engineering work is more manlike than womanlike	2.43	2.43
University degrees are neither manlike nor womanlike	3.68	3.27
Engineering work is neither manlike nor womanlike	3.60	3.37
Some skills related to engineering are more developed in men than in women in general terms	1.30	2.00
In general, men have stronger technical skills than women	1.51	2.00
Men are more encouraged to choose engineering degrees than women	2.31	2.20
A male engineer has more possibility to promote at job than a female one	2.07	1.95
Promotion and professional success are not related with the gender	3.47	3.40

Table 1: Women and Men perception of engineering. Level of agreement for each statement: 1-disagree; 4-totally agree.

3.2 Survey to engineering students

A survey was carried out to the first year students in the Engineering and Architecture School at the University of Zaragoza in April 2011. This questionnaire was designed to know the reasons that lead to choose engineering degrees; also we wanted to know if there was a positive relation between socio-economic status and that election. 320 questionnaires were answered, 24,7% by women (95.5% confidence level). On this survey we evaluate the students environment, what has influenced them on the election and their perception of the engineering.

Table1 shows the statement related to the perception of engineering, they show the level of agreement in a 4 point scale (1: disagree; 4: totally agree). The most relevant results are those related with gender perspective: female and male students have different impressions about that. Fortunately, differences are not high enough to explain fully the gender biased. Considering the socio-economic environment of students and the features of their families, first difference lays on the origin: 56.8% male students have their residence in the city, while 65.8% of women live in the city. That is, there is a difference of 10 points between female and male engineering students coming from rural areas (in communities with fewer than 10,000 inhabitants). So, there is a negative relation between being a women that lives in a rural area and being an engineering student. Maybe because, in rural areas, the traditional gender roles still preserve more influence and make the proportion of women engineers remains lower.

Related with the studies of the parents, their greater prepa-



Figure 9: Volunteer Students in the 2011 Girls' Day.

ration, and particularly mothers' preparation, has a slightly positive relation to the fact that they study engineering. We note that the cases where father has primary education is 10 points higher in the case of boys than in the case of girls, and that there are more of that girls, which mother have an university degree (22.8% vs. 15.4%).

Existence of engineers in the family has a significantly positive relation to choose those studies (more than 50% of male had at least an engineer in his family and 55% of female). Parents employment situation, currently mother working percentages are 74.7% for females and 65.6% for males. These results show a positive relation between the training and dedication of mothers and the choice of engineering studies in the case of girls, but not in the case of boys. Both previous results confirmed the conclusions obtained in the Survey of High School Students (see Subsection 3.1).

When choosing the degree to study, the information used is picked from the Internet in most cases, followed by secondary school teachers and lectures in schools. Students have answered that the information from their High School is not good enough. This recommends designing actions addressed to teachers. 7% of the students surveyed, both male and female, had received information through the Girls' Day in previous editions, so the Girls' Day activity reaches its objectives.

4. PARTICIPANTS' PERCEPTIONS

In order to go beyond numerical and statistical analysis, as well as to obtain first-hand information, we decided to conduct some personal interviews with volunteers and high school students who have participated in the Girls' Day ever. After each edition, we proceed several informal interviews to students, volunteers and researchers or engineers. In year 2013, we ask specifically some of the participants on each category, a representative selection of the answers is summarized in this section.

First, the review of a computer engineer student who has participated as volunteer in all Zaragoza editions: "After the opening ceremony, a group of students to guide them in the visit was assigned to each of us. During the event, volunteers serve as a connection between the university and the students, telling our personal experience, encouraging them and creating an aspiration, especially for girls, to study engineering. In general, there are working areas where the

presence of women is testimonial, but especially in some university courses related to technologies, where students are a minority. Volunteering offers us as students a great opportunity to know deeply companies and research groups from the hand of women in leading positions in the sector. In most visits we realize that students generally have a misconception or even certain ignorance of the role that women can play in the field of science and technology. The feeling at the end of the day is a great admiration and printing, so all we get involved as volunteers and by the teachings and experiences that give us all the professionals involved."

Second, we write out the review of a PhD student. She has been a volunteer in several editions, and in the last two editions, she has shown a laboratory as a researcher: "I like to explain the PC in a fishbowl, because they find it funny and entertaining. There have been many groups that have done very well, have been attentive, participated, and made questions. There are also cases in which, perhaps going from one laboratory to another one, they have fewer questions related to the laboratory and the university: how were the classes and teachers, schedules, difficulty... Last year they came on a small group of girls that already went into science careers. It was great, since small groups make people to be more involved."

And finally, we transcribe a collection of comments from some High School students (HSS) that participated in the event:

HSS1: "A group of students of the high school were fortunate to take part in the Girls' Day hold at the University of Zaragoza. I found a very good way to approach to the university environment, to learn new sciences and technologies and to know about projects and studies we can do when we got the chance. I enjoyed the computer engineering building where we could study about renewable energies and energy efficiency. I was impressed with all the advances in technology we were taught. We met new people and I found very useful the provided guidance for my future studies."

HSS2: "Last year some students from different high schools had the fantastic opportunity to learn more about the world of engineering attending to the Girls' Day, hold at the University of Zaragoza. The purpose of this event is to encourage female students of the need to increase the number of graduates in this gender and to eradicate fame that engineering is only for boys. In small groups, accompanied by a female volunteer, we met more closely some of the different degrees. It was a very interesting experience; we enjoy finding out new things and knowing a little more about practical applications of engineering and science. We spent an instructive afternoon surrounded by a university environment which captivated and gave us many activities to know the laborious work done by teachers and students in this school perform. Following this there has grown a new interest in us for something we did not know before. As a high school student, I would like to thank all the people who have made this activity possible, especially the positive impact it has had on my environment. I encourage them to continue with it."

HSS3: "The Girls' Day last year was a pleasant experience,

in which I saw that there are more girls from other schools in Zaragoza, like me, who are interested in studying technical careers. Whilst it is true that there were a large number, I consider that year after year this number will be increased. The effort and interest of teachers was more than hopeful.”

HSS4: ”Last year I attended Girls’ Day, a day in which, along with my colleagues, I had the opportunity to visit the University of Zaragoza. Once there, several engineers told us about their work. It was a nice day, because they showed us that certain technical professions, usually associated to be performed by men, are also achievable by women, and in my opinion, they are very interesting and they have practical, funny, intelligent and witty applications. They showed their day to day work, and how they adapted to new technologies, which is very attractive to young people. In addition, there are many different types of engineering, focused on many subjects such as chemistry, manufacturing, construction, information technology, transportation, science, ecology, research... I believe that encouraging girls to study regardless of gender and social status is very constructive. I think this day is a very good opportunity to make contact with the world of engineering. I liked it a lot because we have learned many new things and the event have brought us to the reality of what we study in the future. I hope to return again this year.”

After analyzing all the interviews, we realized that many students and researchers at the University of Zaragoza had never thought about gender unbalance in engineering before the celebration of the Girls’ Day. The event helped them to notice that it is necessary to provide female engineer models, to do professional networks and to encourage young girls to be interested in technical and engineering issues. Qualitative and quantitative results are according with similar studies that have been performed in other regions [[9], [11], [8]].

5. CONCLUSIONS

In Spain, as in many other countries and different cultures, women choose engineering as a career less frequently than men do. The gender distribution of engineering students varies according to countries and engineering specialties and it is unchanging in time, but underrepresentation of women is prevalent. This paper presents the Girls’ Day experience carried out at the University of Zaragoza from 2008 yearly. If this activity is not novel, it has been the first one proceeded in Spain during more than five years. The activity organization has been worried about the reasons of the lack of women in engineering. This successful experience has been completed with several surveys to analyze engineering perception of students.

The activity itself has had a positive impact on the High School students, as it has been confirmed by the survey to the first year engineering students. Also in the volunteers, researchers, University Professors, as has been developed during the interviews. Most of the people involved in the activities are now concerned about the situation of women in engineering.

Plenty of uncountable and diverse factors affect the election of studies. The role of parental support in the choice of studies has been proved to be very important. Therefore,

although in 2008, letters were sent to

6. ACKNOWLEDGMENTS

Authors would like to heartily thank all the devoted female volunteers, students, researchers and engineers who made Girls’ Day a success. Authors also wish to thank AMIT association. Girls’ Day activities were supported by the Gender Equality Chair of the Univ. of Zaragoza and the Instituto Aragonés de la Mujer of the Aragonese Regional Government, the Instituto de la Mujer, the Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología of the Spanish Government and the Fundación Antonio Gargallo.

7. REFERENCES

- [1] Girl’s day in Germany. <http://www.girls-day.de>.
- [2] Girl’s day in Spain. <http://www.girls-day.es>.
- [3] NSF National Science Board, Science and Engineering Indicators 2014. <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/>.
- [4] *She Figures 2012: Gender in Research and Inn.* European Com. Pub. Off. of the EU, Luxembourg, 2012.
- [5] S. Baldassarri, P. Molina-Gaudó, and M. Villarroya-Gaudó. *El mundo necesita ingenieras, ¿quieres ser una?* Prentas Universitarias de la Univ. de Zaragoza, Zaragoza, 2013.
- [6] Committee on Diversity in the Engineering Workforce, National Academy of Engineering. *Diversity in Engineering: Managing the Workforce of the Future.* The National Academies Press, 2002.
- [7] G. Crombie, A. Trinneer, J. Flanagan, and V. Hall. Effects of a canadian sci. and tech. summer camp program: A replication of positive results across three years. In *Proc. of the 10th CCWEST Conf.*, 2004.
- [8] C. E. Foor, S. E. Walden, R. L. Shehab, and D. A. Trytten. ”We weren’t intentionally excluding them... just old habits”: Women, (lack of) interest and an eng. student competition team. In *Frontiers in Educ. Conf., 2013 IEEE*, pages 349–355, Oct 2013.
- [9] V. W. Mbarika, C. S. Sankar, and P. K. Raju. Identification of factors that lead to perceived learning improv. for female stud. *IEEE Trans. on Educ.*, 46(1):26–36, Feb. 2003.
- [10] P. Molina-Gaudo, S. Baldassarri, M. Villarroya-Gaudo, and E. Cerezo. Perception and intention in relation to eng.: A gendered study based on a one-day outreach activity. *IEEE Trans. on Educ.*, 53(1):61–70, Feb 2010.
- [11] J. Oliver and B. Garcia. Students’ attitudes to eng. educ. In *Global Eng. Educ. Conf. (EDUCON), IEEE*, page 1, 2012.
- [12] J. E. Stake and K. R. Mares. Sci. enrichment programs for gifted high school girls and boys: Predictors of program impact on sci. confidence and motivation*. *Jnl. of Research in Sci. Teaching*, 38(10):1065–1088, 2001.
- [13] P. Zaragoza, A. Peiró, and M. Villarroya-Gaudó. *Diagnóstico de la Situación Respecto a la Igualdad de Género en la Univ. Zaragoza.* Univ. Zaragoza, 2011.

Haciendo y deshaciendo géneros y tecnologías de la Información y comunicación

Núria Vergés Bosch
Universitat de Barcelona
Department of Sociology and
Organizational Analysis. Avd.
Diagonal, 696 08034 Barcelona
+34934021801
nuria.verges@ub.edu

Ana M. González Ramos
Universitat Oberta de Catalunya
Internet Interdisciplinary Institute.
Carrer Roc Boronat, 117 08018
Barcelona
+34934505200
agonzalezram@uoc.edu

Elisabet Almeda Samaranch
Universitat de Barcelona
Department of Sociology and
Organizational Analysis. Avd.
Diagonal, 696 08034 Barcelona
+34934021801
elisabet.almeda@ub.edu

ABSTRACT

Los feminismos y las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han sido centrales para explicar los principales cambios de las últimas décadas y el devenir de la sociedad de la información y del conocimiento actual. La investigación feminista de la tecnología más actual se está trasladando de la preocupación por las ausencias y la brecha digital al análisis de la inclusión y las presencias de las mujeres en las tecnologías y sus potenciales. Además, actualmente, las teorías feministas de la tecnología señalan el carácter mutuamente constitutivo del género y las tecnologías y su desarrollo de una forma fluida y dinámica. Es decir, no son las tecnologías que determinan los cambios sociales ni de género, ni los cambios sociales y de género los que producen cambios tecnológicos, sino que se coproducen mutuamente. Partiendo de estos posicionamientos teóricos pues, nos preguntamos hasta qué punto y de qué manera se van haciendo y deshaciendo géneros y TIC en los procesos de autoinclusión de las mujeres en las TIC. Es decir, los procesos que las mujeres siguen para acceder y avanzar en las TIC. Para ello, hemos analizado cómo el género se va haciendo y se va deshaciendo y, a la vez, como las TIC se van haciendo y se van deshaciendo en los procesos de autoinclusión de las mujeres en las TIC. Para hacerlo, nos hemos basado en entrevistas y grupos de discusión de una muestra intencionada de tecnólogas artísticas y tecnólogas informáticas de Barcelona. Como principales resultados mostramos, primeramente, que se evidencian todas las combinaciones de ir haciendo y deshaciendo género y TIC. En segundo lugar, que el género y las TIC se van haciendo y deshaciendo de una forma dinámica y fluida en el tiempo y situaciones. Finalmente, concluimos que en este ir haciendo y deshaciendo género y TIC no se produce un movimiento de péndulo dicotómico, sino que se ensanchan las posiciones intermedias de un continuo de género y TIC en relación y que ello, puede convertir los procesos de autoinclusión de las mujeres en las TIC en potentes generadores de cambio tecnosocial.

Categories and Subject Descriptors

K.7 The Computing Profession; K.4; Computers and Society

General Terms

Performance, Human Factors, Theory,

Keywords

Hacer género; deshacer género; TIC; autoinclusión; tecnólogas

1. INTRODUCCION

Con el auge de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) y el desarrollo de la tercera ola feminista, los feminismos de la tecnología actuales están experimentando una renovación teórica, optimista y a la vez crítica. En este sentido, se está desviando el análisis de la exclusión, de las cantidades y la fractura digital de género hacia la investigación sobre las presencias, cualidades y oportunidades de las mujeres en relación con las TIC [41][14] [45]. De esta manera, además de reivindicar la inclusión de las mujeres en las TIC por justicia de género, se enfatizan la diversidad de voces, miradas, necesidades y voluntades que se convertirían en incluidas y, tal vez, las oportunidades de creación de nuevos productos TIC más extensivos y adaptables a un mayor rango de perfiles. Inclusive, se reivindica que esto podría desafiar las relaciones de poder existentes a través de un desarrollo TIC alternativo, innovador y más acorde con la sociedad en su conjunto y, más aún, que produciría un efecto redistribuidor de los beneficios en la sociedad [2] [5] [27][44].

Los feminismos de la tecnología se han situado en una posición central en el debate feminista actual. Con ello han contribuido enormemente a las mismas teorías feministas, pero también a las teorías de la ciencia y la tecnología [16][19][48][49]. Desde los feminismos de la tecnología actuales se enfatiza la posibilidad de deconstruir categorías prefijadas y unitarias como las definidas en el binarismo de género y la misma interpretación de lo que es tecnología [23][25][32][49]. Con ello se celebra la hibridación, heterogeneidad, fluidez y performatividad de los géneros, de las tecnologías, y de su relación. El debate sobre la relación género y tecnología se ha trasladado desde la tecnología que conforma el género (determinismo tecnológico), a que el género conforma la tecnología (determinismo social) y finalmente, hasta la co-conformación del género y la tecnología [19][48][49]. En este sentido, actualmente se considera que género y tecnología no resultan en algo inmutablemente fijado, ni tampoco su relación, sino más bien se convierten conceptos y relaciones fluidas, en interacción, performativas y mutables en el tiempo y situaciones [43][38][15][49]. De esta manera el género influye en la tecnología y la tecnología al género en un ir haciendo y deshaciendo que se ha convertido el proceso que la investigación feminista de la tecnología está intentando explicar. Así pues, a través del reconocimiento y la exploración de esta relación mutuamente constitutiva, que implica múltiples posibilidades de cambio, se reabre la puerta al análisis y política feminista [49]. Sin embargo, seguidamente, nos detendremos en las

conceptualizaciones del género y la tecnología para, más adelante, adentrarnos en su relación.

Tradicionalmente se había hablado de sexo y de género. El sexo se relacionaba con lo biológico, la anatomía, las hormonas o lo físico de ser mujer y de ser hombre. El género se relacionaba con los comportamientos, roles o representaciones, construidos cultural, psicológica o socialmente respecto ser mujer y hombre. En cierto modo el sexo se presentaba como lo dado y el género como lo construido. Esta división respondía, por un lado, a las visiones esencialistas que básicamente entendían como mujer lo que las definía biológicamente [22][42]. En cambio, por la otra, para las construccionistas basadas en la reivindicación de Beauvoir [1] de que una no nace mujer sino que se convierte mujer, la categoría mujer no era natural, sino construida cultural y socialmente. De esta manera, se tendía a entender la categoría mujer como independiente de lo biológico y, por tanto, sujeta al cambio tanto de significado como de práctica a través del tiempo y entre diferentes culturas y situaciones [47][8]. Como construccionistas pues, mantenían que las diferencias de género se podían alterar e incluso erradicar a través de la educación, fórmulas legales u otros procesos culturales.

Al menos inicialmente y en cierta medida, ambas visiones compartían que lo biológico era inmutable y fijado. Es precisamente en este punto donde la investigación posfeminista de la tecnología, (entendida como expresión de la tercera ola feminista), ha provocado uno de los principales desafíos a las visiones anteriores. Haraway y diversas otras autorías han mostrado como la biotecnología es capaz de alterar la genética y el cuerpo de manera que sus condiciones dejan de ser prefijadas y permanentes [4][23][43]. De este modo, actualmente, la relación entre los procesos biológicos y culturales presenta una realidad más compleja donde, incluso, lo que parecía dado podía también ser producido [3][4]. Es en este reconocimiento de la complejidad y las posibilidades de construcción tanto de lo biológico como de lo cultural que se teoriza sobre el hacer y el deshacer el género [32][30].

En 1987, West and Zimmerman publican su artículo titulado "doing gender" que implica que el género no es lo que somos, sino lo que vamos haciendo [50][17]. Para ellas hacer género implica un complejo de percepciones, interacciones y actividades micropolíticas y socialmente guiadas que representan determinados objetivos como expresiones de lo femenino y masculino. A diferencia de las construccionistas de la segunda ola feminista, la agencia es fundamental. No sólo a través de la educación y la socialización una deviene mujer, sino sobre todo a través de las propias prácticas y acciones de la vida cotidiana y en diferentes contextos que una va diciendo y haciendo el género [35][36][28]. Aunque el marco de ir haciendo género implica que el género se puede deshacer y que las mismas autoras han intentado enfatizar las posibilidades de cambio, en la práctica este concepto de haciendo género ha servido para demostrar cómo las relaciones de género se mantienen. Así su concepción del hacer género implica el resultado de la diferencia entre géneros [17][12].

La crítica de este resultado de diferencia ha dado pie al concepto de deshacer el género, que comparte con West y Zimmerman [50] el sentido de agencia, de acción y, en cierto modo de performatividad, pero que se refiere a las interacciones sociales que reducen la diferencia dicotómica entre géneros y enfatizan la búsqueda de alternativas al binarismo de género tradicional

[4][12][32]. Según Butler [4], el género es el mecanismo a través del cual las nociones de masculinidad y feminidad se producen y se naturalizan, pero el género también puede ser el mismo instrumento a través del cual deconstruir y desnaturalizar estos mismos términos. En este sentido, la investigación, todavía muy reciente y escasa, que considera el marco del deshaciendo género intenta focalizarse más allá de documentar y examinar la persistencia de desigualdades de género. De esta manera tiende a indagar, o debería preguntarse, sobre cómo las interacciones sociales se generalizan (gendering en inglés) de forma múltiple o diferente y / o incluso se degeneralizan (degendering en inglés). Asimismo, debería indagar sobre las condiciones en que el género es irrelevante en las interacciones sociales a diferencia de partir de que en todas las condiciones es relevante. A su vez, implica ver si todas las interacciones refuerzan la desigualdad o, dicho de otro modo, si toda diferencia de género implica desigualdad y discriminación. A su vez, cabe analizar cómo las cuestiones estructurales (también institucionales o de contexto) y las interaccionales operan conjuntamente para producir cambios y, así y también, investigar la interacción entendida como posibilidad de producir cambios de género [12].

Así pues y visto esto, entendemos que se va haciendo género en aquellas situaciones que tienen la diferencia entre géneros o el binarismo de género como resultante y / o finalidad [50]. Por tanto, en este caso, se tiende a la feminidad enfatizada en contraposición a la masculinidad hegemónica apuntada por Connell y Messerschmidt [9]. De otra forma, entendemos deshaciendo el género como aquellas situaciones en que se muestra una ruptura con los binarismos y / o la heteronormatividad, produciendo una generalización diferente a la esperada como mujer y / o rompiendo la dualidad binaria de género, incluso cuando se produce una degeneralización [4][12][30].

Como en el caso del género, la conceptualización de las tecnologías no ha sido unívoca. Tal como exponía Wajcman [47], cabe preguntarse por los distintos significados de la tecnología y las TIC. Así, por un lado, tecnología son artefactos, hardware u objetos materiales tipo hardware de ordenadores, como los monitores, cables, CDs, discos duros, routers, cámaras etc ... Pero, por otra parte, tecnología significa los "know how", los sistemas operativos y de comunicación que serían el software o el código que hace funcionar los objetos, traducir información o establecer la comunicación en red entre usuarios y máquinas, así como lo verbal, matemático, visual o táctico para diseñarlo, usarlo o arreglarlo [40][33]. Finalmente, tecnología se refiere a prácticas y actividades humanas, es decir, no sólo lo que la gente sabe sino también lo que hace, o sea el uso, cultura y representación de la tecnología, tanto a nivel individual como colectivo. Además, y en cierto modo, pensar en la tecnología como maneras en que la gente va haciendo cosas permite, incluso, tratar desde las herramientas y prácticas de la edad de piedra hasta los instrumentos y formas para inspeccionar el espacio, coser, cocinar o programar ordenadores [33]. Es esta tercera opción de significación que ha tomado fuerza en nuestra sociedad, así como en la investigación feminista de la tecnología a partir de finales del siglo XXI.

En este sentido pues, por una parte, entendemos que las TIC se van haciendo cuando la concepción y uso de las TIC se asocia a los artefactos y a los estudios, ocupaciones y sectores tradicionalmente considerados tecnológicos. Por otra parte, las TIC se van deshaciendo, cuando las TIC se hibridan con otros

aspectos y ámbitos no tradicionalmente asociados a la tecnología y se centraliza en la comunicación e información respecto a las TIC y en esta tercera significación.

Situándonos en estas corrientes feministas más actuales hemos buscado explorar el proceso de autoinclusión de las mujeres en las TIC. Es decir, un proceso en que ellas mismas conducen su proceso de inclusión TIC para convertirse en tecnólogas, que puede ser dinámico y que puede ir más allá de la simple integración [46]. Para ello nos hemos basado en las entrevistas y grupos de discusión realizados a una muestra intencionada de tecnólogas artísticas e informáticas de Barcelona.

A continuación pues, expondremos las estrategias metodológicas que hemos seguido para explorar, más adelante, cómo y hasta qué punto las mujeres pueden ir haciendo y deshaciendo género y TIC en sus procesos de autoinclusión TIC.

2. APUNTES METODOLÓGICOS

Partiendo del paradigma de la inclusión, de acuerdo con la epistemología feminista y, con ello, considerando la necesidad apuntada de volver a las prácticas TIC situadas de las mujeres en las TIC [24][35] [26], seleccionamos una muestra intencionada de mujeres tecnólogas residentes en Barcelona. Es decir, las participantes fueron mujeres que ya se habían convertido en usuarias avanzadas y especialistas TIC. Para seleccionarlas consideramos que tanto la concepción de mujer como de las TIC podía ser fluida y mutable y, por tanto, podía ser problematizable. Entendiendo mujeres y TIC en un sentido inclusivo, por una parte, problematizamos la categoría mujer, entendiéndola más allá del sexo y del género impuesto desde fuera, para entenderla desde dentro, de una manera abierta a interpretaciones alternativas desde las mismas participantes. Por ello, incorporamos experiencias transgénero, pero también otras orientaciones sexuales más allá de la heterosexual. Por otro lado, problematizamos las TIC, entendiéndolas más allá de los estudios y ocupaciones tradicionalmente considerados TIC como la informática. Si consideramos que las TIC son cada vez más transversales y, por lo tanto, que su uso avanzado y su desarrollo son posibles desde cualquier ámbito, es necesario que desviemos nuestra mirada hacia estos otros ámbitos híbridos. En estos, por ejemplo y entre otras, interseccionan las TIC con las humanidades y las mujeres parecen estar mejor representadas [11] [45]. De esta manera, ni que implique un esfuerzo cualitativo importante por la falta de datos en su conjunto, es pertinente indagar en estos otros ámbitos cuando investigamos sobre género y tecnología. Por ello, limitamos la selección de la muestra a las tecnólogas informáticas, pero la abrimos expresamente a las tecnólogas artísticas. En cierto modo, las tecnólogas informáticas tendrían estudios o desarrollarían prácticas que tradicionalmente se han considerado TIC[6][7]. Además, lo harían en entornos claramente masculinizados, al menos cuantitativamente. Como contraste, las tecnólogas artísticas tendrían estudios o desarrollarían prácticas en intersección con las TIC [51][36][34]. Es decir, en el caso donde el componente artístico y tecnológico se encuentra en su conjunto y, a su vez, en entornos más paritarios, cuantitativamente hablando. Finalmente, respondiendo a la voluntad de una investigación de proximidad y por la relevancia de Barcelona como contexto TIC Sur-Europeo las participantes fueron seleccionadas para ser residentes en la provincia de Barcelona. Sin embargo, también de una manera inclusiva, para reconocer la interseccionalidad y para captar las trayectorias migradas, tuvimos en cuenta varios lugares de origen en un sentido internacional.

De acuerdo con los argumentos expuestos consideramos que la mejor manera de recoger las experiencias de las mujeres era a través de la metodología cualitativa. Hacerlo nos permitía analizar los significados, trabajar a través de la conversación y la narrativa y, así, explorar un proceso, que de una forma cuantitativa, difícilmente nos hubiera sido posible [35][26]. Teniendo en cuenta esto, nos planteamos una combinación de técnicas cualitativas como la manera más adecuada de aproximarnos, comprender y analizar la temática de investigación y responder a las preguntas de investigación. Realizamos 22 entrevistas episódicas, que combinan la narrativa y la entrevista semiestructurada [18]. Además, para profundizar en las preguntas clave, explorarlas y evaluarlas en colectivo, llevamos a cabo dos mini-grupos de discusión de tres participantes cada uno [13], el primero formado por tecnólogas artísticas y el segundo por tecnólogas informáticas. De esta manera fueron 28 las participantes de esta investigación, la mitad tecnólogas artísticas y la otra mitad tecnólogas informáticas.

El análisis que presentamos en este artículo se ha basado en un análisis cualitativo a través del software Atlas.ti. Teniendo en cuenta los objetivos de investigación y las recomendaciones para la codificación de [39] hicimos una combinación de métodos de codificación resultante en una codificación ecléctica en dos ciclos. La primera codificación implicó las operaciones en las que la información fue segmentada y conceptualizada en un proceso abierto de abajo arriba [10][18][39]. En un segundo ciclo de codificación reorganizamos, ajustamos y comparamos entre códigos y categorías de una manera más intensa. Esto nos permitió cambiar el nombre de algunos códigos, fusionar otros e incluso eliminar códigos que resultaron redundantes.

Cabe decir, que los nombres de las participantes han sido sustituidos por los apellidos de las 14 estudiantes de ingeniería asesinadas en la masacre de Montreal y por los 14 apellidos perdidos familiares (por ser línea materna). Así pues, a continuación nos proponemos a responder a una pregunta principal: ¿Hasta qué punto y de qué manera las participantes van haciendo y deshaciendo género y TIC en sus procesos de autoinclusión TIC?

3. HACIENDO Y DESHACIENDO GÉNEROS Y TIC

Tanto en las entrevistas como los grupos de discusión, contemplamos una parte que buscaba incidir directamente en cuestiones de género. De ahí, y de las narrativas que las participantes iban elaborando respecto a sus trayectorias TIC, además de la expresión de sus críticas y deseos, se fue evidenciando como las participantes iban haciendo y deshaciendo el género. Al mismo tiempo y de forma entrelazada, en buena parte de las entrevistas y los grupos de discusión hacíamos referencia a las prácticas TIC. Además, se trataba a fondo la trayectoria TIC de las participantes y se daba espacio para la expresión de críticas y deseos al respecto. De todo ello pues, se desprendieron los discursos que mostraban cómo las participantes iban haciendo y deshaciendo las TIC. Cabe decir pues, que las referencias al género y a las TIC, tanto de forma explícita como implícita, también fueron recurrentemente expresadas de forma entrelazada.

Teniendo en cuenta el contexto situado de las participantes, la práctica TIC la desarrollaban en entornos cualitativamente masculinizados (haciendo referencia a la cultura masculinizada

entendida como normas y valores) de forma mayoritaria. Además, en el caso de las tecnólogas informáticas, cuantitativamente hablando también. Esto se hizo patente cuando las participantes argumentaban que a menudo se las consideraba desubicadas cuando expresaban su condición de tecnólogas. Como mostraron los discursos de la mayoría de las participantes y se ejemplifica a continuación y de manera coherente con el resto de literatura, [31][15][30], una mujer tecnóloga todavía se considera desubicada y / o atípica como tecnóloga. Pero, a la vez una mujer tecnóloga se ve como desubicada y / o atípica como mujer.

Y a mí me han dicho: ¡Tú no pareces informática! Y ¿Cómo debe ser una informática? Claro, los cánones sociales que hay sobre los tipos de personas, claro, no encajan conmigo, y la gente a veces te lo dice. (Edward, Ingeniera informática, Jefa del departamento de informática de un medio digital)

Esto implica que el entorno de práctica y la tecnología está generizada y que las mujeres irán haciendo y deshaciendo género en un escenario, a menudo, masculinizado y en un régimen de género todavía heteronormativo. En este sentido, y en cierto modo, la existencia de un determinado número de mujeres tecnólogas que practican las TIC de forma avanzada podría ser considerada una forma de ir deshaciendo el género, pues sus prácticas se desarrollan en actividades tradicionalmente consideradas masculinas y no en las tradicionalmente femeninas. A la vez, su práctica puede ir deshaciendo las TIC o, al menos, su conceptualización más tradicional ligada a la masculinidad y a determinadas características y formas de hacer asociadas, tal y como han apuntado varias autorías [8][47][37]. Por tanto, en general, con su práctica TIC avanzada estas mujeres estarían deshaciendo el género, pero también las TIC y sus concepciones tradicionales. De todos modos, y como iré mostrando, todo es más complejo.

Dicho esto y, de hecho, de los discursos de las participantes se desprendería que todas las posibles combinaciones de ir haciendo y deshaciendo género y TIC eran posibles en los procesos de autoinclusión TIC. Así a través de sus discursos se evidenciaba como en ocasiones expresaban que hacían género e iban haciendo TIC y / o que iban haciendo género e iban deshaciendo las TIC. A la vez, también expresaban que en ocasiones deshacían género e iban haciendo TIC, o deshacían género e iban deshaciendo las TIC.

Así, por ejemplo, el análisis de los discursos de las participantes evidenció que hacían género cuando, justamente, querían o podían sorprender o desafiar su contexto, por ejemplo, marcando o no escondiendo su nombre en femenino. Pero también cuando se juntaban con otras mujeres para visibilizarse como mujeres y, como en el caso de Codina, demostrar su valía y su presencia en los entornos tecnológicos, a menudo muy masculinizados. Sin embargo, en estas situaciones, sobre todo, hacían TIC si sólo buscaban reforzar su condición de tecnólogas y, así, sólo de una forma limitada cambiar las normas del entorno TIC.

Teníamos que hacer siete proyectos por semestre, eran parte de la calificación por diferentes asignaturas. Si tenías proyectos, si los habías hecho teniendo un chico en el equipo, entonces la gente pensaba que no habías hecho nada. Yo realmente lo odiaba eso. Por eso cuando alguien decía, ¡oh! ¡No has hecho nada! Realmente no me podía defender, no sé por qué. Tenía este problema y quería probar que sí podía. Tenía dos amigas más y por eso empezamos a hacer los proyectos juntas. Cada vez que teníamos un proyecto nos pasábamos horas y horas, meses, trabajando sin parar intentando ser las mejores, ¿sabes?

(Codina, Ingeniera de Software, doctoranda centro de computación)

Así, algunas hacían género cuando de forma colectiva se juntaban entre mujeres y llevaban a cabo acciones colectivas y visibles tanto en referencia al género como a las TIC, en una especie de aglomeración compensatoria. Entre las participantes este tipo de acción colectiva se daba más entre las tecnólogas artísticas. Sin embargo también hubo casos entre las tecnólogas informáticas donde la acción colectiva fue clara, sobre todo, entre las que se declaraban activistas también en ámbitos tecnológicos. Así, por un lado, hacían género enfatizando y visibilizando su condición de mujeres, y por otra parte, hacían TIC enfatizando su condición de tecnólogas, como ocurría cuando las participantes habían formado parte de asociaciones o eventos TIC y de género en la vez. Sin embargo, como algunos de los eventos y asociaciones donde Laganière formó parte, a través de la participación colectiva también podían deshacer las TIC, cuando justamente a través de estos colectivos o entidades cuestionaban las normas establecidas en las TIC e, incluso, en la relación género y TIC.

Conocí asociaciones que trabajaban con la tecnología o interviniendo más en tecnología como Infoespai, o Riereta de aquí de Barcelona y después este último donde todavía estoy, que es el de Donestech (mujeres y nuevas tecnologías), que es un colectivo que trabaja sobre tecnologías teniendo presente la perspectiva de género. Por ejemplo, mira, no hace mucho eso del X0y1 en Sevilla (Género y Ciberespacio), donde participamos con una performance que también estaba relacionada con tecnología. También en la Caneluntu (evento de cocinar canelones e instalar Ubuntu) hace muchos años, que era un intercambio de tecnología con otros conocimientos, así más de fuera de tecnología (la cocina). También estoy en listas de correo así de mujeres y tecnología. (Laganière, Diseñadora gráfica y artista digital)

Aunque en sus discursos rechazaban la adopción de una masculinidad extrema, ni que parezca contradictorio, también mostraban que en algunas ocasiones deshacían el género adoptando tipos de valores y actitudes más masculinas, por ejemplo, la competitividad o demostración de la competencia. Esto se presentaba tanto para evitar discriminaciones como por considerarse la mejor manera de mantenerse o avanzar en una práctica TIC determinada. En este sentido, muchas de las participantes consideraban que se veían forzadas a competir y demostrar doblemente su capacidad ante un contexto masculinizado que las presuponía incompetentes. Incluso, se encontraban en situaciones que ante una discriminación debían contestar de forma contundente como se muestra en el discurso de Prat.

Por ser un área muy masculina en algunos momentos sentía la necesidad de imponerme, verbalmente o, incluso, físicamente. Pero más bien en este nivel de dejar las cosas claras, decir lo que me hacía falta decir, más que nada para demostrar que tú sabes de qué va. (Prat, arquitecta, compositora de música electrónica, dj y productora de eventos)

Este tipo de situaciones surgían más a menudo entre las tecnólogas informáticas en la práctica habitual. Ahora bien, sobre todo en las situaciones de prestigio, de puesta en escena o de presentación pública, también había sido expuesto por buena parte de las participantes tecnólogas artísticas. Este hecho se parece a los patrones de segregación vertical entre mujeres y hombres también en ocupaciones cuantitativamente muy feminizadas [21]. En este sentido, las participantes consideraban que demostrando

su capacidad, y aún más, públicamente, rompían con la masculinidad de las tecnologías para demostrar que, como mujeres, eran capaces y sólo por eso, en cierto modo, iban deshaciendo las TIC. Sin embargo, por otra parte, también iban haciendo TIC, ya que seguían unos criterios establecidos de excelencia, competición y promoción masculinizados que, además, les provocaban un sobreesfuerzo y un cierto rechazo.

De todos modos y a diferencia de lo apuntado por otras autorías [29] nuestras participantes, en sus discursos, pocas veces decían adoptar una posición claramente de acuerdo con la masculinidad hegemónica como “uno de los chicos” y si lo hacían no se mostraba de forma extrema ni constante. Sobre todo, lo que la totalidad de las participantes compartían era que cualquiera de las cualidades tradicionalmente consideradas femeninas ya no se afirmaba como exclusiva y natural de las mujeres. De este modo, los discursos de las participantes mostraron como las cualidades femeninas podían ser aprendidas y / o performadas por los hombres porque se consideraban cualidades humanas y, de hecho, en algunos casos comentaban como las habían visto entre los hombres. Así, las participantes nos dejaron claro que los hombres también podían aprender y realizar estas habilidades más feminizadas, por lo que también podían ir deshaciendo género. Por lo tanto, las participantes se alejaban de las concepciones esenciales del género y se situaban en concepciones del género más constructivistas y performativas, vale decir, más presentes en los discursos de género actuales de la investigación feminista. Del mismo modo, expusieron como habían visto que algunas de estas habilidades también carecían en algunas mujeres, evidenciando así la diversidad entre hombres y mujeres.

De hecho, una de las formas más interesantes de ir deshaciendo el género tenía que ver con situarse en un posicionamiento intermedio o híbrido entre lo que tradicionalmente hacían, o que tradicionalmente se habían atribuido a las mujeres y a los hombres. Además, argumentaban que lo hacían como práctica TIC más o menos habitual tanto para progresar como para hacer frente a las discriminaciones. A la vez, a medida que avanzaban en la reflexión en torno al género, la tendencia de las participantes era de situarse en un posicionamiento intermedio, es decir, reconociendo tener o activar algunas características femeninas y algunas masculinas a la vez o en diferentes momentos. De esta manera, consciente o inconscientemente, por ejemplo, tendían a orientar y desarrollar su carrera hacia posiciones híbridas y cambiantes. Esta cuestión ya había sido apuntada por la literatura en Género y TIC y, de hecho, está tomando fuerza actualmente [20]. Estas posiciones, por ejemplo, implican elevadas capacidades en programación y / o estudios informáticos y, a la vez, elevadas capacidades en comunicación con el cliente, desarrollos conceptuales o capacidades estéticas, deshaciendo así la vez las TIC. Evidentemente, la hibridez fue más acusada entre las tecnólogas artísticas, pero también se daba entre las tecnólogas informáticas, sobre todo, a medida que iban avanzando en su carrera profesional. En este sentido iban haciendo y deshaciendo TIC de una manera que implicaba ir deshaciendo las TIC, pues se acercaban a una práctica que se hibridaba y que, por lo tanto, quitaba centralidad a lo más tradicionalmente considerado tecnológico.

Ahora también es variado, porque también puedo tener el punto de vista del programador, pero al principio de todo, básicamente, era programación. O sea, yo recibía un papel, o alguien me contaba algo y era eso, hacer un programa que hiciera eso. Después llega un momento en que vas evolucionando y te dan

una pequeña tarea que alguien, que alguien ha escrito, te la dan muy masticada o así, y entonces es hacer un análisis y eso realmente cómo se debe implementar. Primero te dicen, mira tienes que hacer esto, y casi te dicen cómo debes programar. Luego la evolución es, en pequeño, un pequeño encargo, hago un análisis y yo, a mí misma, me digo como he que programar, más o menos. Esto evoluciona, prácticamente no se diferencia mucho de lo que yo ahora hago, lo que yo hago, la parte es puramente, si quieres, de analizar las necesidades de los usuarios. Antes había hecho bastante, que ahora no, por motivos x no puedo hacer que también me gusta, que es gestionar todo un proyecto. O sea que es, como la parte del negocio, la parte funcional, que se dice, pero también incluye lo que es llevar el equipo de desarrollo que hará esto. Incluyendo también el equipo de explotación que después se encarga de la tecnología informática. (Bergeron, Business Analyst en empresa de finanzas)

Así, además de que el género y las TIC se pudieran ir haciendo y deshaciendo en todas las combinaciones posibles, también se hizo patente que el género se podía ir haciendo y deshaciendo de una forma cambiante en una misma trayectoria de vida. También, que el género se podía ir haciendo y deshaciendo paralelamente en una misma situación. Incluso, que esto ocurría en relación a las TIC y de una forma similar.

En relación a ello, por ejemplo, Viladoms comentó que cuando estaba haciendo las pruebas de sonido podía ir haciendo género e ir deshaciendo género paralelamente, en un mismo momento o situación. Este hecho, por lo menos, también podría verse como una forma de deshacer género, pues implica que se alejaba de los extremos esenciales de feminidad y / o masculinidad, para situarse en un medio del continuo de género.

Una cosa que me pasa mucho, por las noches cuando tengo conciertos, sobre todo cuando son lugares muy grandes, muy profesionales, cuando llegamos con el instrumento, ¡Ah, Una chica! ¡Seguro que no se entera de nada! Claro, yo soy técnica de sonido, o sea, estoy al mismo nivel de diálogo que el técnico que me va a asistir. Entonces, cuando te entran en plan de chuleta, de mujer tonta que no sabes nada, entonces soy muy, muy femenina, pero sólo hablo con palabras técnicas que ni él conoce, para joder. O sea, por ejemplo, en vez de decir un Canon digo un XLR y lo cambio todo a este nivel, o sea, como se escribe en el libro de física o de sonido o de ingeniería. Entonces ... ¿Qué es? Y yo ... Perdona, ¿No sabes qué es? Porque de alguna manera te sientes muy atacada porque te están insultando. Te están diciendo que como eres una mujer no sabes nada. Pues la forma es muy sutil, muy femenina, pero ahora te hablaré en lenguaje técnico. Funciona, no falla. Luego están todo el "Bolo" de ... mejor no le digamos nada ... (Viladoms, Creadora y técnica de música y dinamizadora cultural)

Así, como muestra el discurso anterior, algunas participantes incorporaban elementos de autopromoción y se mostraban competentes con el lenguaje técnico, así como competitivas con la actitud o la intención y, a la vez, se mostraban dialogantes, suaves y enfatizaban formas comunicativas consideradas femeninas. Sin embargo y al mismo tiempo estarían haciendo TIC, por adaptarse al tipo de vocabulario, fines, valores y saberes de las tecnologías tradicionalmente concebidas.

En ocasiones, las participantes expresaron que hacían una invisibilización del género deliberada para visibilizar-lo en un momento más adecuado. De hecho, la mayoría de participantes coincidían en que la comunicación a través de las TIC se prestaba a este tipo de situaciones. En este sentido, en principio no se

desharían las TIC. Pero en el momento en que el género se hacía explícitamente visible, por un lado, se iba haciendo género y por otro se deshacían las TIC. Esto, Turcotte lo explicaba diciendo que provocaba tal sorpresa que llevaba a la reflexión de género en entornos TIC, de modo que en interacción obligaba al otro a repensar y buscar nuevas explicaciones sobre la relación género y TIC.

Claro, yo ahí siempre parto de que todo el mundo siempre piensa que soy un hombre, si no me conocen claro. Me llamo Daniela [nombre ficticio], pero siempre me han dicho Dani para diferenciarme de mi abuela. Creo que está muy bien también, sin saberlo, claro, lo he aprendido por la práctica, no por qué yo lo buscara eso. Y claro, ha sido un hallazgo chulo, ¿no? Llegar a un lugar y es que vengo ... Aquí también porque siempre se pone el artículo delante, la Dani o el Dani, pero por ejemplo en Valencia sólo decimos Dani y en castellano tampoco se pone. Aquí me ha pasado mucho, me han confundido, siempre, siempre. Entonces ha sido guay que piensen que eres un hombre y llegar yo. O sea, que siempre me he alegrado de resolver una confusión siendo una mujer, porque te da pie a muchas cosas. A que esperen uno que luego sea otra, no? Aquella sorpresa de la otra persona te da también un margen, hace un hueco ahí que yo creo que es positivo. (Turcotte, Diseñadora gráfica, tecnoartista y profesora de arte)

4. CONCLUSIONES

La investigación feminista de la tecnología se ha aproximado al género desde diversas concepciones y corrientes. Actualmente, la relación entre género y tecnología ha dejado de entenderse de manera determinista, para entender que el género y la tecnología se convierten en mutuamente constitutivos, es decir causa y efecto a la vez, en un proceso de co-construcción mutable, fluido, dinámico, performativo y en interacción en que se va haciendo y deshaciendo género, pero también tecnología y su relación. De este modo, consideran que tanto el género como la tecnología pueden no ser algo prefijado, sino dinámico y cambiante en el tiempo y espacios, que se van haciendo y deshaciendo, de modo que es posible reconocer y abrir nuevas posibilidades para el cambio y la transformación a través de la política feminista.

Como hemos expuesto, nos situamos en esas corrientes más actuales y entendemos que se va haciendo género en aquellas situaciones que tienen la diferencia entre géneros o el binarismo de género como resultante y / o finalidad. De otra forma, hemos entendido que se va deshaciendo el género en aquellas situaciones en que el género se hace diferente, es decir implica una ruptura con los binarismos y / o la heteronormatividad, produciendo una generización diferente a la esperada como mujer y / o a la dualidad binaria de género, incluso una degenerización. Respecto a las TIC, por un lado, se van haciendo cuando la concepción de las TIC se asocia a los artefactos y a los estudios, ocupaciones y sectores tradicionalmente considerados tecnológicos. Por otra parte, las TIC se van deshaciendo, cuando las TIC se hibridan con otros aspectos y ámbitos no tradicionalmente asociados a la tecnología.

Sobre todo, hemos explorado cómo se da esta relación género y TIC, mostrando que es mucho más compleja de lo que se puede pensar a priori. El análisis de los discursos sobre la práctica TIC de las participantes ha expuesto como géneros y TIC se iban haciendo y deshaciendo mutuamente generando una multiplicación combinada de acciones performativas del género y las TIC, situadas, cambiantes y, a veces, incluso contradictorias.

Además de esto, también hemos mostrado que los géneros se podían ir haciendo y deshaciendo paralelamente en una misma situación. Incluso, que se podían ir haciendo y deshaciendo de una forma cambiante en una misma trayectoria de vida y que, además, ocurría de una forma similar con las TIC.

De esta manera, una de las cuestiones más interesantes que emerge del análisis es que lo que se presentaba como inexplicable, paradójico y casi imposible ante una lógica de identidades de género prefijadas, esenciales y binarias, tomaba sentido cuando se abría a la desestabilización de las identidades de género, y así, a la performatividad y fluidez del género, y también, de las TIC. De acuerdo con ello las tecnólogas participantes ni hacían de hombres hegemónicos ni de mujeres enfatizadas, sino que, sobre todo, iban haciendo y deshaciendo género interactuando y en relación al contexto de forma fluida, en un continuo de género. En este sentido, ensanchaban las posiciones intermedias en un género entendido como un continuo y que les permitía moverse en fluidez por las diferentes situaciones específicas expuestas. Concebir el género como construido y fluido implica que de una forma similar puede ocurrir entre los hombres, como han evidenciado los discursos de las participantes, de manera que este posicionamiento entre géneros tomaba fuerza. Del mismo modo, ocurre con las TIC si su práctica se entiende como un continuo. Así, a priori, ni afectan positiva ni negativamente a las mujeres, sino que se van haciendo y deshaciendo TIC en relación al género y es en este ir haciendo y deshaciendo que podrían ser más o menos transformadoras. La transformación es posible, por un lado, si se descarta una concepción esencial e inmutable de mujer y una concepción binaria y heteronormativa del género fija y / o solo determinada por el contexto. Por otra parte, si se acepta la importancia de la agencia, en relación al entorno en constante interacción, que es cambiante. Y finalmente, si lo mismo ocurre respecto a las TIC.

De este modo, en este proceso de ir deshaciendo y haciendo género y TIC, sobre todo si se enfatiza una práctica TIC reflexiva y alejada de los binarismos sobre la relación género y TIC, las mujeres pueden contribuir a contestar y a transformar las concepciones y relaciones de género actuales. Pero también, y a la vez, en relación con las mismas TIC, rompiendo así el predominio de la masculinidad hegemónica asociada con las TIC. De esta manera se puede producir un proceso de acomodación de las mujeres en las TIC, en que tal como dice la palabra, las mujeres más que integrarse en las TIC, se podrían acomodar. Es decir, se irían desplazando de la mujer esencialmente considerada, pero también se irían desplazando de la práctica TIC tradicional sin producir un movimiento de péndulo. Así, se situarían de forma fluida, en posiciones intermedias del continuo de género, pero también de las TIC que implicarían que ellas mismas irían haciendo cambios, pero que también forzarían cambios en sus entornos y en las mismas definiciones y prácticas con la tecnología.

Así pues, es necesario que tanto la investigación como las medidas que se diseñen para mejorar la relación género y tecnologías vayan más allá de la preocupación cuantitativa y se adentren en estas cuestiones cualitativas. Con ello, es necesario que reconozcan la heterogeneidad del género y las TIC, además de su práctica cambiante, fluida y situada. Aunque, como en este caso, la investigación cualitativa presenta dificultades para la generalización, nos acerca a los procesos de autoinclusión de las mujeres en las TIC y sus matices de la forma más adecuada.

Sin embargo cabe aún seguir explorando los procesos de autoinclusión de las mujeres en las TIC. Por ejemplo, nuevas investigaciones podrían centrarse en los distintos puntos de inflexión de los procesos de autoinclusión, como podría ser ante la decisión de estudiar una determinada carrera o una promoción laboral, y analizar cómo se va haciendo y deshaciendo género. Por otro lado, la investigación futura podría analizar cómo se van haciendo y deshaciendo géneros y TIC en otros contextos geográficos que pueden presentar distintos regímenes de género. También en otros contextos de práctica tecnológica, especialmente que presenten hibrideces como podría ser el periodismo on-line o la biotecnología. Finalmente, yendo más allá, también cabe analizar las estructuras y culturas TIC y explorar, por ejemplo, hasta qué punto los diseños curriculares de determinados estudios propician ir haciendo o deshaciendo géneros y TIC.

Todo ello, justamente, para facilitar que el proceso de autoinclusión de las mujeres en las TIC exprese el carácter mutuamente constitutivo del género y las TIC y así, se encamine hacia un proceso de acomodación de tipo transformador.

5. AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a las mujeres participantes de esta investigación, por compartir sus experiencias con nosotras. También muchas gracias a Paul Scott por su revisión del inglés.

6. REFERENCIAS

- [1] Beauvoir, S. (1949). *The second sex*. Vintage Books edition (1989). New York: Vintage Books.
- [2] Buechley, L. & Mako, B. (2010). "LilyPad in the Wild: How Hardware's Long Tail is Supporting New Engineering and Design Communities". *Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, 199-207.
- [3] Butler, J. (1990). *Gender Trouble. Feminism and the subversion of identity*. Routledge. New York.
- [4] Butler, J. (2004). *Undoing Gender*. Routledge. New York.
- [5] Cohoon, J. M. & Aspray W. (Ed.) (2006). *Women and Information Technology: Research on Under-Representation*. MIT Press
- [6] Castaño, C. (Dir.) (2008). *La segunda brecha digital*. Madrid: Cátedra ediciones.
- [7] Castaño, C., González, A., Müller, J., Palmén, R., Rodríguez, A., Sáinz, M., Vázquez, S. & Vergés, N. (2011). *Quiero ser informatic@*. Barcelona: Editorial UOC.
- [8] Cockburn, C. (1999). "Caught in the Wheels: the high cost of being a female cog in the male machinery of engineering". En Mackenzie, D. & Wajcman, J. *The Social Shaping of Technology*, 126-134. Philadelphia: Open University Press.
- [9] Connel, R.W. & Messerschmidt, J. W. (2005). "Hegemonic Masculinity: Rethinking the Concept". *Gender and Society*, 19(6), 829-859.
- [10] Corbin, J. & Strauss, A. (2008). *Basics of Qualitative Research (3rd Ed.)*. London: Sage Publications.
- [11] Cukier W., Shortt, D. & Devine, I. (2001). "Gender and Information Technology: Implications of Definitions". *Journal of Information Systems Education*, 13(1), 7-15.
- [12] Deutsch, F. M. (2007). *Undoing gender*. *Gender and Society*, 21(1), 106-127
- [13] Edmunds, H. (1999). *The focus Group Research Handbook*. New York: Mc Graw-Hill Professional.
- [14] Faulkner, W. & Lie, M. (2007). "Gender in the Information Society: Strategies of Inclusion". *Gender Technology and Development*, 11(2), 157-177.
- [15] Faulkner, W. (2009). *Doing gender in engineering workplace cultures. II. Gender in/authenticity and the in/visibility paradox*. *Engineering Studies*, 1(3), 169-189
- [16] Fernandez, M., Wilding, F. & Wright, M. (Ed.) (2002). *Domain Errors! Cyberfeminist practices*. New York. Autonomedia.
- [17] Fernstermaker, S. & West, C. (2002). *Doing gender, doing difference: Inequality, power and institutional change*. New York: Routledge.
- [18] Flick, U. (2006). *An Introduction to qualitative research (3rd Ed.)*. London: Sage Publications
- [19] Gill, R. ; Grill, K. (1995). *The Gender-Technology Relation: Contemporary Theory and Research*. London: Taylor and Francis.
- [20] Glover, J. & Guerrier, Y. (2010). "Women in Hybrid Roles in IT Employment: A Return to "Nimble Fingers"?" *Journal of Technology Management and Innovation*, 5(1), 85-94.
- [21] Gutek, B. A. (2001). "Working environments". A J. Worell (Ed.) *Encyclopedia of Women and Gender*, 2, 1191-1204. New York: Academic Press.
- [22] Griffin, S. (1984). *Woman and Nature: The Roaring Inside Her*. London. The Women's press.
- [23] Haraway, D. (1985). "A Manifesto for Cyborgs: science, technology, and socialist feminisme in the 1980s". *Socialist Review*, 80, 65-108
- [24] Haraway, D. (1988). *Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective*. *Feminist Studies*, 14(3), 575-599.
- [25] Haraway, D. (1991). *Simians, Cyborgs and Women*. Nova York: Routledge.
- [26] Harding, S. (2008). *Sciences from Below. Feminisms, Postcolonialisms and modernities*. London: Duke University Press
- [27] Hess, D. J. (2007). *Alternative pathways in science and industry, activism, innovation and the environment in an era of globalization*. Massachusetts: The MIT Press.
- [28] Kelan, E. K. (2009). *Performing Gender at Work*. New York. Palgrave Mcmillan.
- [29] Kvande, E. (1999). "In the Belly of the Beast: Constructing Feminities in Engineering organizations". *The European Journal of Women's Studies*, 6(3), 305-328
- [30] Landström, C. (2007). "Queering feminist technology studies". *Feminist Theory*, 8(7), 7-26.
- [31] Lerman, N., Oldenzil, R. & Mohun, A. (Ed.) (2003). *Gender and Technology. A reader*. Baltimore: John Hopkins University press.
- [32] Malloy, J. (2003). *Women, Art & Technology*. Massachusetts: MIT Press

- [33] Martin, P. Y. (2003). "Said and Done Versus Saying and Doing: Gendering Practices, Practicing gender at work". *Gender and Society*, 17, 342-366.
- [34] Martin, P. Y. (2006). "Practicing gender at work: Further Thoughts on Reflexivity". *Gender, Work and Organization*. 13(3), 254-276.
- [35] Olesen, V. L. (2000). "Feminisms and Qualitative Research At and Into the Millennium". En Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. *Handbook of qualitative research* (2nd Ed.), 235-278. London: Sage Publications.
- [36] Paul, C. (2003). *Digital Art*. London: Thames and Hudson world of art.
- [37] Phipps, A. (2007). "Re-inscribing gender binaries: Deconstructing the dominant discourse around women's equality in science, engineering and technology". *The sociological Review*, 55(4), 768-787.
- [38] Preciado, B. (2002). *Manifiesto Contra Sexual. Prácticas Subversivas de la Identidad sexual*. Madrid: Opera Prima Pensamiento.
- [39] Saldaña, J. (2009). *The coding manual for qualitative researchers*. London: Sage Publications.
- [40] Scott-Dixon, K. (2004). *Doing IT. Women working in Information Technology*. Toronto: Sumach Press.
- [41] Sorensen, K.H. (2002). "Love, Duty and the S-curve: An Overview of Some Current Literature on Gender and ICT". 1-36, SIGIS. Deliverable Number: D02_Part 1.
- [42] Spender, D (1985) *Man made language*. London. Routledge.
- [43] Stone, S. (1991). "The Empire Strikes Back: A posttranssexual Manifesto". En Hopkins, P.(Ed.) (1998). *Sex/Machine. Readings in Culture, Gender and Technology*. Indiana: Indiana University press.
- [44] Trauth, E.M. (2011). "What Can We Learn from Gender Research? Seven Lessons for Business Research Methods". *Electronic Journal of Business Research Methods*, 9, 1, 1-9.
- [45] Vergés, N. Cruells, E. & Hache, A. (2009). "Viejos Retos y Nuevas potencialidades para las mujeres en la participación del desarrollo de la sociedad de la información". *Revista Feminismo/s*, 14, 163-182
- [46] Vergés, N. (2012). "De la exclusión a la autoinclusión de las mujeres en las TIC. Motivaciones, posibilitadores y mecanismos de autoinclusión". *Athenea digital*, 12 (3), 129-150.
- [47] Wajcman, J. (1991). *Feminism confronts technology*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press.
- [48] Wajcman, J. (2010). "Feminist Theories of Technology". *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 143-152.
- [49] Wajcman, J. (2004). *Technofeminism*. Polity Press. UK.
- [50] West, C. & Zimmerman, D. (1987). "Doing Gender. *Gender and Society*". 1(2), 125-151
- [51] Wilson, S. (2002). *Information Arts. Intersections of Art, Science and Technology*. London: The Mit Press

Individual Differences in Spatial Abilities: Effects of Gender and Videogames

Norena Martín-Dorta
Universidad de La Laguna
Engineering Graphics and Design
Area
38204, La Laguna, Tenerife, Spain
+34 9223165026211
nmartin@ull.edu.es

Jose Luis Saorín-Perez
Universidad de La Laguna
Engineering Graphics and Design
Area
38204, La Laguna, Tenerife, Spain
+34 9223165026211
jlsaorin@ull.es

Manuel Contero González
Universidad Politécnica de Valencia
Instituto de Bioingeniería y Tecnología
Orientada al Ser Humano
46022, Valencia, Spain
+34 963879512
mcontero@labdesign.i3bh.es

ABSTRACT

Spatial Abilities are cognitive skills that are linked to success in science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) fields. The goal of this paper is to develop a predictive model of Mental Rotation and Spatial Visualization scores to freshman engineering students. To this end, we conducted a study with 433 students at University of La Laguna in autumn of 2004. The ANCOVA analysis showed that gender, age, videogame players, the years that students course technical drawing and if they are workers are significant variables. The paper propose two predictive models for Mental Rotation and Spatial Visualization that helps us early detect students with lower levels of spatial abilities.

Categories and Subject Descriptors

K.3.2 [Computers and Education]: Computer and Information Science Education – *Computer science education, Curriculum.*

General Terms

Measurement, Experimentation.

Keywords

Spatial Skills, Gender,

1. INTRODUCTION

Spatial Abilities are cognitive skills that are linked to success in science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) fields. The 2010 National Science Board of the National Science Foundation of the Unites States of America report alternately refers to the children and young adults who have the most potential to become STEM innovators as “talented and motivated” or “high-ability” or “gifted.” Their capabilities often include mathematical and spatial abilities alone or in combination with verbal aptitude, along with other factors such as creativity, leadership, self-motivation, and a diligent work ethic. In an increasingly technological society, innovation is frequently an interdisciplinary endeavor and many traditional non-STEAM

fields require scientific, spatial, and quantitative talents [1]. However, significant gender disparities exist on spatial-skills test performance and are most evident in mental rotation, an important skill in engineering.

The literature overview covers the topics relating to methods for assessing spatial skills, spatial-skill ability and success in engineering, gender differences, enhancing spatial-skills development: recommendations for engineering schools and recommendations for practitioners.

In the next pages, we first analyze the importance of these abilities in the context of engineering education and the available techniques for evaluating them from a psychological point of view. Then we present a pilot study that has been carried out at La Laguna University, ending with some conclusions.

2. SPATIAL ABILITIES

Sorby [2] discusses the difference between “spatial abilities” and “spatial skills.” She considers that *abilities* refers to innate characteristics, implying that someone is born with the ability or inability and cannot learn it, while *skills* connotes learned characteristics, implying that the skill can be improved with practice. The terms are often used interchangeably in the literature research.

In general, spatial skills refer to a collection of cognitive, perceptual, and visualization skills. The core spatial skills are the following [3]:

- The ability to visualize mental rotation of objects.
- The ability to understand how objects appear in different positions.
- The ability to conceptualize how objects relate to each other in space.
- The ability to understand objects in 3-D space.

There are also different tests aimed at obtaining quantitative results in the measurement of spatial abilities. To assess and research spatial-skills proficiency a number of researchers have collapsed these four core spatial skills into two classifications: spatial relations and spatial visualization [4, 5, 6, 7, 8]. These classifications are defined below.

- Spatial relations (SR): the ability to imagine rotations of 2D and 3D objects as a whole body (this includes mental rotation and spatial perception) [9] (see Figure 1).

- Spatial Visualization (VZ): the ability to imagine rotations of objects or their parts in 3-D spatial by folding and unfolding [9] (see Figure 2).

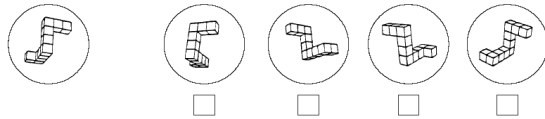


Figure 1. Example of MRT test question.

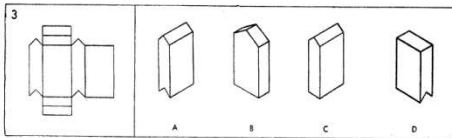


Figure 2. Example of DAT-SR test questions

As it has repercussions in almost all scientific and technical fields, spatial abilities remain an active field of study, especially in the engineering domain and they may be associated with success in scientific areas [10]. Studies have shown that previous experience affects an individual's spatial ability. Non-academic activities, such as playing with construction toys as a young child and playing three dimensional computer games seem to have a strong relationship with spatial visualization ability [11, 12].

The role of computer games has been examined for its impact on the gender differences in spatial skills. Terlecki and Newcombe [13] found that computer experience substantially mediates the gender difference in spatial ability observed on the Mental Rotations Test (MRT). Terlecki, Newcombe and Little [14] conducted a study with college age students using 3-D Tetris as a spatial skills training aid. Undergraduates participated in repeated testing on the MRT or played the videogame Tetris. The analysis showed large improvements in mental rotation with both repeated testing and training; these gains were maintained several months later. MRT scores of men and women did not converge, but men showed faster initial growth and women showed more improvement later. Feng, Spence and Pratt [15] found that playing an action video game can virtually eliminate gender difference in spatial attention and simultaneously decrease the gender disparity in mental rotation ability. In summary, research consistently shows that video game exposure is related to improvements in spatial skills, but so far they have not developed specific tools on mobile devices.

3. METHOD

During the autumn of 2004 a pilot study was carried out at La Laguna University to examine the following main objectives:

- The appropriateness of some SR and VZ test for freshman engineering studies.
- Investigate how certain variables determine the initial level of spatial abilities.
- Propose a predictive model that helps early detect students with lower levels of spatial abilities.

3.1 Participants

The participants were 433 Spanish university students in their first year of engineering studies, with a mean age of 20.83 (SD=4.11); 32.33% of them were women. Table 1 shows the mean scores in tests of each degree and gender. As expected, the lowest proportion of female was found at electronic and mechanical engineering degrees.

3.2 Instruments

Two printed visualization tests were administered: Mental Rotation Test and Differential Aptitude Test

Mental Rotation Test (MRT) (Figure 1) contains 20 items divided into two sets of ten. Each item consists of a display figure and four additional ones, two of which match the original figure after being rotated to a certain degree, the other two do not match the original display figure. The time limit is 6 minutes, divided into two periods of 3 minutes for every 10 items. It is interesting to emphasize that the results obtained by Vanderberg and Kuse [16] clearly indicate a difference between men and women, irrespective of their ages. The maximum score on the test was 40 points. Points were given for each correct response.

Table 1. Participants of each degree and gender.

Degree	Male N (%)	Female N (%)	Total N (%)
Electronic Engineer	60 (85.71)	10 (14.29)	70 (16.17)
Civil Engineer	33 (56.90)	25 (43.10)	58 (13.39)
Chemical Engineer	12 (54.55)	10 (45.45)	22 (5.08)
Mechanical Engineer	34 (91.89)	3 (8.11)	37 (8.55)
Building Engineer	154 (62.60)	92 (37.40)	246 (56.81)
Total	293 (67.67)	140 (32.33)	433 (100)

Spatial Relations subset of the Differential Aptitude Test (DAT-SR) contains items shows one pattern (see Figure 2), followed by four three-dimensional figures. Students are to choose the one figure that can be made from the pattern: 60 items in 25 minutes. The maximum score on the test was 60 points.

Questionnaire: each participant completed a questionnaire that provides the following variables: Gender, Age, Previous studies (High School, Professional training, Others University Degrees, Others), Worker (Yes/No), Hobbies (Sports, Videogames), Repeater (Yes/No) and Years of technical drawing.

4. RESULTS

Gender differences in means and variances are shown in Table 2 for MRT and DAT-SR tests. These scores were obtained considering all the students enrolled in engineering graphics courses at the beginning of that academic year.

Figure 3 shows the score distributions of MRT for males and females. The distribution is positively skewed. Performing Kolmogorov-Smirnov test to check the assumption of normality and applying a logarithmic transformation when the normality assumption was violated. For all statistical tests, an alpha level of .05 was used.

Table 2. Pre-Test Descriptive Statistics (N=433)

Degree	MRT (SD)		DAT-SR (SD)	
	Male	Female	Male	Female
Electronic Engineer	17.17 (8.000)	14.10 (7.031)	43.57 (10.692)	43.50 (11.237)
Civil Engineer	15.18 (8.673)	10.88 (5.411)	40.39 (10.920)	36.32 (10.934)
Chemical Engineer	17.50 (7.972)	10.50 (5.148)	45.00 (10.296)	39.90 (7.709)
Mechanical Engineer	19.94 (7.824)	9.33 (1.528)	43.12 (11.159)	41.33 (4.933)
Building Engineer	18.70 (7.286)	13.79 (6.939)	44.04 (8.562)	43.75 (9.268)
Total	18.09 (7.749)	12.96 (6.601)	43.46 (9.695)	42.08 (9.878)

A general linear model for MRT and DAT-SR tests with the following variables was conducted:

- Gender: Male=0, Female=1.
- Videogames: Yes=1, No=0.
- Repeater: Yes=1, No=0.
- Previous studies.
- Worker: Yes=1, No=0.
- Sports: Yes=1, No=0.

Age and Years of Technical Drawing were used as covariate.

Table 3 and 4 show the results of the analysis of covariance (ANCOVA) for MRT and DAT-SR respectively.

Gender ($p < 0.001$), Videogames ($p = 0.019$), Age ($p = 0.002$) and Years of Technical Drawing ($p < 0.001$) are the significant variables for the MRT test.

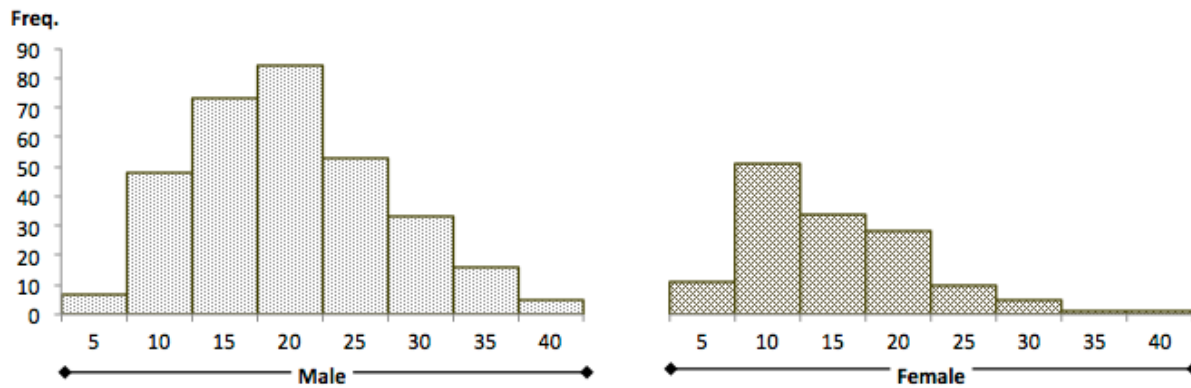
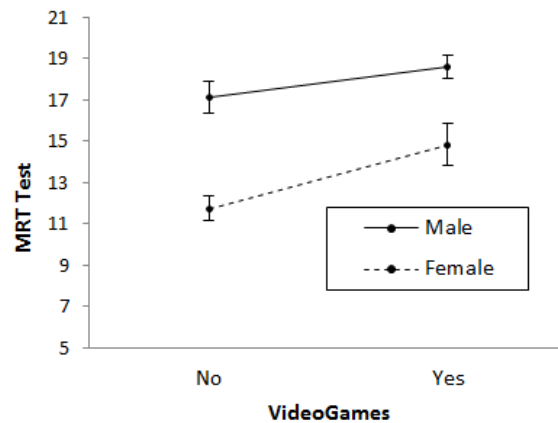


Figure 3. Distributions of Mental Rotation Scores for Males and Females.

Table 3. ANCOVA results for MRT

Source	SS	df	MS	F	p-value
Intersection	45.883	1	45.883	210.530	.000
Gender	9.461	1	9.461	43.413	.000
Videogames	1.212	1	1.212	5.560	.019
Repeater	.200	1	.200	.916	.339
Previous studies	.809	3	.270	1.237	.296
Worker	.027	1	.027	.122	.727
Sports	.394	1	.394	1.809	.179
Age	2.222	1	2.222	10.195	.002
Years of Technical Drawing	4.173	1	4.173	19.146	.000
Gender * Videogames	.879	1	.879	4.033	.045
Error	90.663	416	.218		

Interaction Gender*Videogames is significant ($p = 0.045$). As show in Figure 4, male's scores on mental rotation are higher than females. However, scores on mental rotation for females who are videogame players are significantly higher and nearby than male's scores who aren't videogame players.



For the DAT-SR test, Worker ($p = 0.40$), Age ($p = 0.005$) and Years of Technical Drawing ($p < 0.001$) are the significant variables.

Figure 5 shows no significant differences for DAT-SR test among males and females.

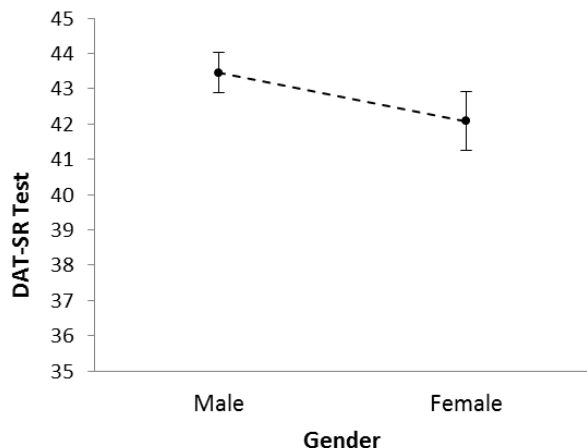


Figure 5. DAT-SR Test results by Gender.

Table 4. ANCOVA results for DAT-SR

Source	SS	df	MS	F	p-value
Intersection	82.494	1	82.494	1323.504	.000
Gender	.080	1	.080	1.284	.258
Videogames	.064	1	.064	1.032	.310
Repeater	.002	1	.002	.039	.844
Previous studies	.210	3	.070	1.124	.339
Worker	.265	1	.265	4.253	.040
Sports	.013	1	.013	.206	.650
Age	.488	1	.488	7.833	.005
Years of Technical Drawing	.781	1	.781	12.529	.000
Error	26.116	419	.062		

Based on these results, we propose a predictive model according to the significant variables:

$$\ln(MRT) = 3.187 - 0.452 * Gender + 0.024 * Videogames + 0.073 * YearsTechnicalDrawing - 0.024 * Age + 0.189 * Gender * Videogames$$

$$\ln(DAT) = 4.026 + 0.085 * Worker - 0.013 * Age + 0.034 * YearsTechnicalDrawing$$

5. CONCLUSIONS

In the study described above we analysed the influence over spatial abilities of several variables, carried out at the beginning of a semester-long technical drawing course for first year engineering students at University of La Laguna.

After the detailed statistical analysis shown below, concerning parameters affect spatial abilities, we may conclude that:

- Initial scores of spatial relations, measured with the MRT test, women have a lower mean score than men (see Figure 3). This matches with the initial studies by creators of this

test and with other papers from the scientific literature [9, 17].

- However, gender is not significance for spatial visualisation, measured with the DAT-SR test.
- For Mental Rotation: Gender, Videogames, Years of Technical Drawing and Age are the significant variables.
- For Spatial Visualization: Worker, Years of Technical Drawing and Age are the significant variables.
- Predictive models help to offer personalized intensive courses to students, considering the several proposed in the literature research.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partially supported by the (Spanish) National Program for Studies and Analysis project “Evaluation and development of competencies associated to the spatial ability in the new engineering undergraduate courses” (Ref. EA2009-0025) and the (Spanish) National Science Project “Enhancing Spatial REasoning and VIsual Cognition with advanced technological tools (ESREVIC)” (Ref. TIN2010-21296-C02-02).

7. REFERENCES

- [1] National Science Board. 2010. *Preparing the next generation of STEM innovators: Identifying and developing our nation's human capital*. Retrieved from <http://www.nsf.gov/nsb/publications/2010/nsb1033.pdf>.
- [2] Sorby, S. A. 2009. Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31, 3.
- [3] Sutton, K., and Williams, A. 2008. Developing a discipline-based measure of visualization. *UniServe Science Proceedings*, 115–20.
- [4] Burnet, S. A., and Lane, D. M. 1980. Effects of academic instruction on spatial visualization. *Intelligence*, 4, 233-242.
- [5] Clements, D. H., and Battista, M. T. 1992. Geometry and spatial reasoning. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, 420-464. New York, NY: Macmillan Publishing Company.
- [6] McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- [7] Olkun, S. 2003. Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, April, 1-10.
- [8] Pellegrino, J., Alderton, D., and Shute, V. 1984. Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19, 3, 239-253.
- [9] Martín-Dorta, N., Saorin, J.L, and Contero, M. 2008. Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505–13.
- [10] Smith, I. M. 1964. *Spatial ability- its educational and social significance*. The University of London Press, London.
- [11] Deno, J.A. 1995. The relationship of previous experiences to spatial visualization ability. *Engineering Design Graphics Journal*, 59, 3, 5-17.

- [12] Sorby, S. 2007. Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australas Assoc Eng Educ*, 13, 1, 1-11.
- [13] Terlecki MS, Newcombe NS, Little M . 2008. Durable and generalized effects of spatial experience on mental rotation: gender differences in growth patterns. *Appl Cogn Psychol* 22:996-1013.
- [14] Terlecki, M., Newcombe, N., and Little, M. 2008. Durable and generalized effects of spatial experience on mental rotation: Gender differences in growth patterns. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 7, 996-1013.
- [15] Feng, J., Spence, I., and Pratt, J. 2007. Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological Science*, 18, 10, 850-855.
- [16] Vandenberg, S., & Kuse, A. (1978). Mental rotation, a group test of 3-D spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.
- [17] Rafi, A., Samsudin, K. A., & Said, C. S. (2008). Training in spatial visualization: The effects of training method and gender. *Educational Technology & Society*, 11(3), 127-140.

Mujeres, Ciencia y Tecnología. Encuesta sobre la percepción de las dificultades de las mujeres en los estudios universitarios técnicos

Lourdes Moreno, Yolanda González, Isabel Segura y Paloma Martínez
Grupo Labda, Departamento de Informática,
Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)
Av. Universidad, 30, 28911, Madrid, Spain
{lmoreno, yolgonza, isegura, pmf}@inf.uc3m.es

ABSTRACT

Estudios y trabajos desde hace más de una década indican una escasez persistente de participación de mujeres en el dominio de las disciplinas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Las mujeres no suelen elegir estudios relacionados con estas disciplinas y su participación en el sector empresarial en las TIC es todavía más bajo. En este artículo se presenta una revisión de la literatura proporcionando iniciativas de interés para combatir esta situación y una discusión de los datos donde se advierten debilidades y retos a alcanzar. Como un paso más en este estudio, se ha utilizado la técnica de encuesta en la comunidad de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) con el objetivo de recoger opiniones y analizar factores de esta brecha de género y valorar las posibles acciones que pudieran favorecer el incremento del número de estudiantes mujeres en disciplinas de tecnología e ingeniería en la Universidad. Se presenta el análisis de los datos obtenidos de una muestra de 72 profesores y 140 estudiantes.

Categories and Subject Descriptors

K.3.2 [Computers and Education]: Computer and Information Science Education – Computer science education

General Terms

Human Factors, Standardization, Languages, Theory, Legal

Keywords

Gender, Women, Science, Technology, Engineering, Mathematics

1. INTRODUCTION

Según el informe de la *Computing Research Association Taulbee Survey* [1] hay una escasez y reducción de mujeres en Ciencias de la Computación (CS) desde el año 2001 y hasta el 2010 en América del Norte, en él se informa que el porcentaje de mujeres que habían finalizados sus estudios en CS se redujo de un 19 % en 2001 al 14 % en 2010.

Varios factores impiden que las mujeres participen plenamente en el sector tecnológico. Algunos de ellos se deben a estereotipos culturales acerca del papel de la mujer en la sociedad, a su asociación como ambiente fuertemente masculino, con una falta de modelos femeninos a seguir en el sector, de conciliación compleja entre la vida personal y profesional, etc.

Si no se pone freno a esta brecha de género ante las tecnologías, las consecuencias serán tanto sociales como económicas. En el ámbito social, no se conseguirá avanzar hacia una sociedad no patriarcal y en el ámbito económico, la no implicación de la mujer en el sector tecnológico podría suponer una merma en el crecimiento económico mundial. En este sentido, es necesario avanzar en el análisis del origen de esta situación para articular mecanismos que ayuden a incrementar el número de mujeres que elijan estudios técnicos y luego puedan ejercer su trayectoria profesional en el sector de la tecnología.

En la sección 2 de este trabajo se muestra un estado de la cuestión. En la sección 3, se presenta un estudio con algunos datos agrupados por sexo en el sistema educativo y universitario español. En la sección 4 se incluye un estudio y encuesta realizado en la EPS de la UC3M. Por último, se exponen las conclusiones y las líneas futuras de la investigación.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 Estudios. Cifras

Según el estudio *Women Active in the ICT Sector* [2], en Europa sigue existiendo una brecha importante en la plena incorporación de las mujeres en el sector de las TIC: las mujeres europeas no realizan estudios STEM y están infrarrepresentadas en las empresas del sector TIC, sobre todo en los puestos de toma de decisiones. Según este estudio, los problemas que se encuentran las mujeres para participar en el sector TIC son:

- Estereotipos y roles culturales.
- Barreras internas que se imponen las propias mujeres relativas a factores socio-psicológicos como la falta de confianza, aversión al riesgo y actitudes negativas hacia la competición.
- Barreras externas porque, al tratarse de un sector tradicionalmente masculino, no se encuentran muchos modelos de referencia y además es difícil compatibilizar la vida profesional con la personal.

Como consecuencia, las mujeres no eligen ni estudiar, ni trabajar en el sector TIC y cuando lo hacen, abandonan sus carreras profesionales con más frecuencia que los hombres. Por otra parte, las mujeres que trabajan en las TIC, se ven más afectadas por lo que se denomina *glass ceiling* (techo de cristal) o limitación del ascenso en la escala profesional. Algunos de los datos obtenidos en el estudio, muestran que:

- De cada 1000 mujeres con titulación universitaria en Europa, solo 29 obtienen un título relacionado con las TIC (frente a 95 hombres).
- De estas 29 mujeres, solo 4 trabajan en el sector TIC, frente a los 20 de cada 95 hombres, esto supone 5 veces más hombres que mujeres.
- De las mujeres con titulación TIC, entre las que tienen menos de 30 años trabajan en el sector TIC un 20%, entre 30 y 45 años 15,4% y entre las que tienen más de 45, el porcentaje baja a un 9%.
- En cuanto a puestos directivos, si se comparan los datos de mujeres directivas del sector TIC en comparación con otros sectores, son de un 19,20% frente a un 45,20%.

Según se indica en este informe estudios muestran que hay una vinculación entre aspectos económicos y la participación de las mujeres en el sector TIC. Si esta participación se incrementara, el Producto Interior Bruto europeo podría crecer cada año unos 9.000 millones de euros. Además, las empresas del sector se beneficiarían ya que, según los datos disponibles, en las empresas en las que hay un mayor porcentaje de mujeres en puestos de gestión, se consigue un 35% más de rentabilidad financiera (ROE) y el resultado para los accionistas es un 34% mejor que en otras organizaciones comparables del sector que las incorporan en menor medida.

Por otra parte, según datos de la UE¹, a pesar de los altos niveles de desempleo en toda Europa, la demanda para cubrir puestos vinculados con las TIC sigue creciendo cada año en un porcentaje de aproximadamente un 3% y se espera que para el 2015 habrá que cubrir entre 372.000 y 864.000 vacantes en puestos para perfiles técnicos. Esto significa que será necesario motivar a más jóvenes, hombres y mujeres, a que estudien carreras vinculadas con este sector.

En cuanto a la situación de las mujeres europeas en ciencia e investigación, la Dirección General para la Investigación y la Innovación de la Comisión Europea, en cooperación con el Hesinki Group, cada 3 años realiza el informe *She Figures* para analizar la participación de las mujeres en todos los niveles de las disciplinas científicas. Según el *She Figures 2012* [3] algunos de los datos para la Unión Europea (UE) son:

- En 2010, del total de científicos e ingenieros, solo el 32% eran mujeres.
- Como dato positivo, la proporción de mujeres investigadoras crece más rápido que la de los hombres (un 5,1% frente a un 3,3% en 2009).
- Hay más probabilidad de que las mujeres investigadores opten por trabajar a tiempo parcial. Esto podría explicar algunas de las diferencias de género en el empleo científico.
- En 2010 el número de mujeres doctoradas sobrepasaba al de los hombres en todos los campos menos en el de matemáticas y computación (40%) y en ingeniería, manufactura y construcción (26%).
- En cuanto a la representación de las mujeres en el mundo académico en los campos de la ciencia y la ingeniería, son mujeres solo un 31% de los estudiantes, un 38% de los estudiantes de doctorado y un 35% de los ya doctorados.
- La proporción de mujeres profesoras en ingeniería y tecnología es de un 7,9% (frente al 28,4% en humanidades y el 19,4% en ciencias).

¹ Towards a European Quality label for ICT industry training and certification: <http://www.eskills-quality.eu/home/>

- El índice de *glass ceiling* se situó en el 1,8 en el 2010. Hay una ligera mejora frente al dato de 2004 que estaba en un 1,9 (cuanto más alta sea el dato, más “grueso” es el techo de cristal, lo que se traduce en una mayor dificultad en el acceso de puestos).
- En 2010 el 15,5% de instituciones de educación superior estaba dirigido por mujeres y solo un 10% de los rectores de universidad eran mujeres.

2.2 Graduadas en STEM. Iniciativas

Según estudios consultados, aunque en algunos centros se observó un aumento en el porcentaje de mujeres que reciben doctorados y obtuvieron cargos docentes, el porcentaje de mujeres que reciben títulos de licenciatura en estudios STEM continuó cayendo [4]. Con el objetivo de cambiar esta situación y conseguir reclutar más estudiantes en los estudios de STEM, en los últimos años se han venido desarrollando diferentes alternativas para fomentar la inclusión de niñas y mujeres en el mundo de la ciencia y la tecnología. En esta sección se presentan como ejemplo para los lectores, algunas iniciativas a las que incorporarse y/o acciones que poner en marcha, seleccionadas de entre otras muchas de las que se desarrollan a nivel internacional, nacional, de colegios, universidades, etc.,.

Para alentar a que más mujeres se dedicaran profesionalmente a la investigación, la comisaria de investigación e innovación de UE, *Máire Geoghegan-Quin* lanzó, en junio de 2012 lanzó el proyecto *Women in Research and Innovation*. La primera fase del proyecto es la que se ha llamado, *Science: It's a girl thing*² y está orientado a chicas de entre 13 y 18 años. Su propuesta es realizar actividades online y presenciales de la mano de mujeres científicas y tecnólogas y que puedan servir como modelo para que las niñas estudien estas materias. También con el fin de fomentar la participación de las mujeres europeas en el diseño, la investigación, la innovación, la producción y el uso de las TIC en el periodo que va de 2011 a 2020, el organismo creado dentro de la *Digital Agenda* y la *estrategia europea 2020* es el *European Centre for Women and Technology (ECWT)*³. Otro ejemplo a nivel europeo es la campaña *Every Girl Digital*, lanzada el 6 de marzo de 2014. Utilizando la red social Facebook pretende que mujeres (y hombres) profesionales del sector TIC, graben un vídeo en el que compartan sus experiencias de éxito en este campo y motiven a más chicas a estudiar y trabajar en ciencia y tecnología⁴.

La ITU (International Telecommunication Union). también tiene un programa para fomentar las tecnologías entre las niñas, su versión española es el *Portal de las niñas en las TIC*⁵.

A nivel internacional, hay que destacar las reuniones en foros académicos para hacer difusión de las tecnologías entre las niñas y mujeres. Especialmente significativa es *The Grace Hopper Celebration of Women in Computing*⁶ que es la mayor reunión de mujeres tecnólogas del mundo y está organizado por el *Instituto Anita Borg*⁷ en asociación con la *Association of Computing Machinery (ACM)*. Su objetivo es traer a un primer plano las investigaciones y los intereses profesionales de las mujeres

² <http://science-girl-thing.eu/en/splash> con

<https://www.facebook.com/sciencegirlthing>

³ http://www.womenandtechnology.eu/digitalcity/domainstart/w4ict_2.jsp?dom=AAABECDQ

⁴ <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/girls-ict-day>

⁵ <http://girlsinct.org/es>

⁶ <http://gracehopper.org/>

⁷ <http://anitaborg.org>

tecnólogas. Dentro del ámbito de los grupos editoriales científicos, se encuentran iniciativas como el blog de Thomson Reuters Women⁸, Women in science de Elsevier⁹ o ACM-W¹⁰

Junto a estas medidas, enfocadas a incentivar una mayor participación de las mujeres en la tecnología, sería necesario analizar también aquellas orientadas para que las mujeres que trabajan en el sector TIC no abandonen sus carreras profesionales, pero esto sería objeto de otro estudio.

2.3 Mujeres profesionales en el sector tecnológico

Según el informe *Women Active in the ICT Sector* [2], las chicas perciben los trabajos en sector de las TIC como solitarios, aburridos y poco útiles para los demás. Además, como ya se mencionaron anteriormente, algunos de los estereotipos establecidos, como que las jornadas son muy largas imposibilitando la compatibilización de la vida personal y la laboral o que sea un sector muy masculinizado, no suelen motivar a que más mujeres opten por desarrollar sus carreras profesionales en el sector. Sin embargo, como elementos positivos, se ha de tener en cuenta que las mujeres que trabajan en las TIC ganan un 9% más que las que ocupan la misma posición en otros sectores, por lo general suelen disfrutar de mayor flexibilidad horaria y tienen menos posibilidades de estar desempleadas.

Empresas y asociaciones profesionales lanzan campañas para mostrar la cara femenina del sector y eliminar los estereotipos. Por ejemplo, en España nos encontramos con la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT)¹¹, Womenalia, red profesional para mujeres profesionales¹², el espacio que Telefónica dedica a Mujer y ciencia¹³,. A nivel europeo, entre otros están la European Association for Women in Science Engineering & Technology¹⁴ o la European Network for Women in Leadership¹⁵. De empresas internacionales, algunos ejemplos son Google Women¹⁶, Microsoft Employee Resource Group¹⁷ o Women at Microsoft¹⁸.

También existen ejemplos de publicaciones que quieren destacar el papel de las mujeres en las STEM, por ejemplo el *100 Women Leader in STEM*¹⁹, que muestra los casos de éxito de mujeres líderes del sector en EEUU.

2.4 Trabajos relativos

Aparte de todos los estudios y trabajos introducidos, son numerosos los trabajos relativos encontrados en el ámbito académico nacional e internacional. Sólo se van a referenciar algunos trabajos relevantes como surveys o encuestas en centros universitarios [5] y estudios experimentales [6]. Además, hay muchos que presentan iniciativas y resultados obtenidos en el reclutamiento de mujeres en estudios de ciencias de computación [7] [8]. En diversos trabajos se han estudiado e identificado factores que contribuyen a la escasez de mujeres en los estudios

de STEM [9] [10]. Otros muestran buenas prácticas para promover la igualdad de género en los estudios de tecnología y de ciencias de la tecnología [13].

En España se encuentran trabajos relativos donde se hacen análisis de la situación de la mujer en los estudios técnicos universitarios [11] [12] coincidiendo en resultados en el bajo número de mujeres en estudios de Ingeniería. En el estudio [14] de la Universidad de Oviedo reveló que las creencias de autoeficacia condicionan la elección de las chicas a la hora de decantarse por una ingeniería, las chicas piensan que no van a ser capaces de rendir bien en las materias de carreras puramente técnicas.

3. ANTECEDENTES

Según el informe *Datos básicos del sistema universitario español (Curso 2013-2014)* publicado en 2013 por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [15], en el curso 2012-2013, a pesar de que el porcentaje de mujeres realizando estudios universitarios era del 54,3%, en la distribución por sexo y rama, la proporción de hombres en las ramas de ingeniería y arquitectura era muy superior (un 73,9%) a las mujeres. La distribución por rama de enseñanza y sexo fue: en Ciencias Sociales y Jurídicas 39,1% hombres/60,9% mujeres; en Ingeniería y Arquitectura 73,9% hombres/ 26,1% mujeres; en Artes y Humanidades 38,4% hombres/ 61,6% mujeres; en Ciencias de la Salud 29,9% hombres/ 70,1% mujeres; y en Ciencias 47,4% hombres/52,6% mujeres.

Si nos remontamos al momento en el que los alumnos tienen que hacer la elección de modalidad en 1º de Bachillerato²⁰, actualmente en España pueden seleccionar entre 4: Artes vía de artes plásticas, imagen y diseño; Artes vía de artes escénicas, música y danza; Ciencia y Tecnología; y Humanidades y Ciencias Sociales. En Bachillerato, además de las asignaturas obligatorias para todos los alumnos (ciencias para el mundo contemporáneo, educación física, filosofía y ciudadanía, historia de la filosofía, historia de España, lengua castellana y literatura y, si la hubiese, lengua cooficial y literatura y lengua extranjera), los alumnos que opten por la modalidad de Ciencia y Tecnología, entre los 2 cursos que lo componen tienen que estudiar, al menos 6 de las siguientes asignaturas: biología, biología y geología, ciencias de la tierra y medioambientales, dibujo técnico I y II, electrotecnia, física, física y química, matemáticas I y II, química y tecnología industrial I y II. En el resto de modalidades, salvo por la asignatura Ciencias para el mundo contemporáneo, común a todas las modalidades y Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales I y II de la modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales, no hay asignaturas específicamente relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Tabla 1: Porcentaje de hombres y mujeres, totales y en la modalidad de Ciencia y tecnología en 1º y 2º de Bachillerato (2009-2010)

	Primero		Segundo	
	Total alumnos	Ciencia y tecnología	Total alumnos	Ciencia y tecnología
Hombres	46,75%	56,48%	45,48%	54,63%
Mujeres	53,25%	43,52%	54,52%	45,37%

²⁰ En 4º de la ESO, curso previo a entrar en bachillerato, los alumnos tienen que hacer una primera selección de 3 asignaturas optativas. Las optativas entre las que los alumnos tienen que elegir son: biología y geología, física y química, informática, tecnología, educación plástica y visual, latín, música y segunda lengua extranjera. Matemáticas es asignatura obligatoria.

⁸ <http://blog.thomsonreuters.com/index.php/tag/women/>

⁹ www.elsevier.com/connect/story/women-in-science

¹⁰ <http://women.acm.org/>

¹¹ <http://www.amit-es.org/>

¹² <http://www.womenalia.com/es>

¹³ <http://www.mujieryciencia.es/>

¹⁴ <http://www.witec-eu.net/>

¹⁵ <http://www.wileurope.org/>

¹⁶ <http://www.google.com/diversity/women/>

¹⁷ <http://www.microsoft.com/en-us/diversity/programs/ergen/wam.aspx>

¹⁸ <https://www.facebook.com/WomenAtMicrosoft>

¹⁹ <http://www.stemconnector.org/sites/default/files/100-Women-Leaders-in-STEM-WEB.pdf>

Según los datos que proporciona el Ministerio de Educación²¹, durante el curso 2009-2010, aquí ya se aprecia una diferencia de en torno a un 13% más de alumnos chicos que optan por la modalidad de Ciencia y tecnología frente a las chicas (Ver tabla 1). En el resto de modalidades, el porcentaje de chicas es mayor al de los chicos (Ver tablas 2 y 3).

Tabla 2: Porcentaje de hombres y mujeres por modalidad de estudio en 1º de Bachillerato (2009-2010)

	Artes plásticas	Artes escénicas	Ciencias sociales y humanidades	Ciencia y tecnología
Hombres	36,58%	33,74%	41,07%	54,48%
Mujeres	63,42%	66,26%	58,93%	45,52%

Tabla 3: Porcentaje de hombres y mujeres por modalidad de estudio en 2º de Bachillerato (2009-2010)

	Arte plásticas	Artes escénicas	Ciencias sociales y humanidades	Ciencia y tecnología
Hombres	34,39%	37,83%	38,95%	53,64%
Mujeres	65,61%	62,17%	61,05%	46,36%

Si tomamos como referencia los datos de hombres y mujeres que optaron por la modalidad de Ciencia y tecnología en 2º de Bachillerato en el curso 2009-2010, 53,64% hombres y 46,36% de mujeres (ver Tabla 3), y los comparamos con los datos de los estudiantes que se matricularon en el primer curso de grados universitarios en el curso 2010-2011 (ver tabla 4), comprobamos que de las estudiantes que estudiaron la modalidad de Ciencia y tecnología en Bachillerato, el mayor porcentaje opta por la rama de Ciencias de la Salud o las Ciencias y en un porcentaje mucho menor por Ingeniería y arquitecturas [datos del informe publicado por el CRUE *La universidad española en cifras 2012*²²].

Tabla 4: Porcentaje de hombres y mujeres en el primer curso de grados universitarios en el curso 2010-2011

	Artes y Humanidades	Ciencias sociales y jurídica	Ciencias	Ciencias de la salud	Ingeniería y arquitectura
H	40%	39%	49%	28%	77%
M	60%	61%	51%	72%	23%

Terminamos esta sección resaltando esta tendencia de selección por parte de las mujeres de bachillerato de ciencias por estudios universitarios más sociales como las Ciencias de la salud, y no ingenieriles. La reflexión debe ir encaminada a plantearse, si esa selección podría ser otra si las chicas en secundaria tuvieran más información de qué materias y salidas profesionales tienen los estudios más técnicos.

4. ESTUDIO: EPS - UC3M

En esta sección se presenta un estudio realizado en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Carlos III de Madrid

(UC3M). Este estudio se enmarca en un trabajo de investigación cuyos objetivos principales son: obtener un estado de la cuestión de la situación de la brecha de género en los estudios STEM universitarios, analizar los datos y valorar las posibles acciones que pudieran favorecer el incremento de graduadas en estos estudios.

Los datos presentados son el resultado de una encuesta realizada a la comunidad universitaria de la UC3M, la cual permita obtener las primeras opiniones y reflexiones en el seno de la misma universidad.

4.1 Contexto

La UC3M fue creada en 1989. Desde su nacimiento tuvo vocación de ser una universidad pública innovadora, de dimensiones reducidas y de calidad. La UC3M cuenta con 17.898 estudiantes y tiene tres campus: Getafe, Leganés y Colmenarejo. En la actualidad, la oferta académica está diversificada en tres ciclos (grado, máster y doctorado). En cada uno de los ciclos existen estudios en STEM: 12 grados en Ingeniería y 7 dobles, 16 programas oficiales de másteres en Ingeniería y Ciencias Básicas y programas de doctorado (todos ellos se imparten en la EPS de la Universidad).

Desde 2009 se dispone de una Unidad de Igualdad. En 2010 se aprobó el primer Plan de Igualdad elaborado por una comisión compuesta por representantes de toda la Comunidad Universitaria. La Unidad de Igualdad tiene en marcha entre otras acciones, un Observatorio de Igualdad que analiza periódicamente la situación real de la Universidad respecto a la igualdad de género. En el marco de este observatorio, se disponen de informes anuales de diagnóstico de género de los cuales hemos obtenido los datos que se indican a continuación.

Según los informes del *Diagnóstico de género de la UC3M* de 2013, en el conjunto de la Universidad, la proporción entre hombres y mujeres matriculados era de un 43% y 57% respectivamente. Si miramos los datos por facultades, el porcentaje de mujeres en la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas era de un 54%, mientras que en la EPS era solo de un 18% (en la EPS ingresan 3 varones por cada mujer).

Tal y como señalan estos informes, estos datos son un indicativo de que las titulaciones que se imparten en la EPS (Ingenierías Aeroespacial, Biomédica, Industrial, de Telecomunicaciones, Informática, Telemática, Mecánica, Electrónica, Industrial, Eléctrica, Sistemas de Comunicaciones, Sistemas Audiovisuales y doble grado de Informática y ADE) siguen estando fuertemente masculinizadas. Los grados que tienen un mayor porcentaje de mujeres son los que están más relacionados con otros campos, como las Ciencias Sociales (en primer curso del doble grado de Informática y ADE, el porcentaje de mujeres era de un 35%), o las Humanidades (en el mismo curso de la Ingeniería de Sistemas Audiovisuales, el porcentaje de mujeres era de un 43%).

En cuanto a los datos del Personal Docente Investigador (PDI), según informe realizado por el Departamento de Recursos Humanos de UC3M, a 30 de septiembre de 2013, a nivel general de la UC3M, el porcentaje de mujeres era de un 32%. A nivel de campus, los porcentajes de mujeres son, en el de Colmenarejo 36%, en el de Leganés 25% y en el de Getafe 39%. Como muestran los datos, es en el campus en el que se imparten principalmente las ingenierías (Leganés) en el que el porcentaje de mujeres es menor. Por categorías profesionales, es especialmente significativo el bajo porcentaje de mujeres catedráticas, un 14% frente a 86% de hombres. Si vemos este dato por campus, nos encontramos con que en Colmenarejo no hay

²¹<http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/no-universitaria/alumnado/matriculado/2009-2010.html>

²²http://www.crue.org/Publicaciones/Documents/UEC/LA_UNIVERSIDAD_ESPAÑOLA_EN_CIFRAS.pdf

ninguna mujer catedrática, en Leganés el porcentaje de catedráticas es de un 10% y en Getafe de un 17%.

4.2 Diseño de la encuesta

4.2.1 Muestra

Los individuos que han participado en la encuesta comparten al menos dos características en común: todos tienen o han tenido algún vínculo con el mundo universitario y sus perfiles están relacionados con estudios y/o profesiones del campo de la ciencia y la tecnología en la universidad. Según estructura universitaria, se decidió establecer una división en cuatro grupos bien diferenciados y se elaboraron cuatro tipos de cuestionarios adaptados a cada uno de los perfiles. Los grupos establecidos fueron:

- Alumnos/as: aportan la visión de aquéllos que están estudiando un grado técnico/científico en este momento. (Ver cuestionario utilizado para los alumnos/as²³)
- Personal Docente Investigador (PDI) (profesores/as): engloba a las distintas figuras del PDI que hay en las universidades españolas (catedráticos/as, titulares, profesores/as ayudantes, visitantes, etc.). En sus respuestas encontraremos datos de su percepción de la universidad a nivel profesional y de cómo es su apreciación de los/las alumnos/as de las clases que imparten. (Ver cuestionario utilizado para PDI²⁴)
- Profesores/as asociados/as: su aporte también es doble, por una parte está la visión del mundo profesional fuera de la Universidad, y por otra parte su percepción del mundo universitario por las clases que imparten. (Ver cuestionario utilizado para Profesores/as Asociados/as²⁵)
- Egresados/as (antiguos/as alumnos/as): es el perfil más amplio pues engloba a todos aquéllos que, estén trabajando o no, han finalizado estudios universitarios en carreras técnico/científicas. Se consideró que su percepción también era fundamental para el estudio. (Ver cuestionario utilizado para Egresados/as²⁶).

Para este artículo se han seleccionados únicamente los datos de la EPS de la UC3M, y solo los grupos de profesores y estudiantes, recogiendo 72 profesores y 140 estudiantes (ver proporción en Tabla 5). Teniendo en cuenta que en la EPS, tanto en profesorado, como en estudiantes, el número de hombres es mayor que el de mujeres, con una muestra en la que la proporción de hombre y mujeres es aproximada, se puede concluir que las mujeres han participado más activamente. El rango de edad predominante en PDI es de 31 a 50 años con un 81%, y entre 18 y 23 años en el caso de los estudiantes, también con un 81%.

Tabla 5. Porcentaje de hombres y mujeres en la muestra

Sexo	PDI	Estudiantes
H	40	69
M	32	71

La participación del profesorado por departamentos ha estado muy repartida, destacando el de Informática con un 35%. En relación a los estudiantes, han participado alumnos de los distintos grados de ingeniería, siendo los de informática los que más con un 38%. Teniendo en cuenta la categoría profesional del PDI, la categoría profesional con mayor participación ha sido la de los Titulares con un 55 %.

4.2.2 Material y método

Los cuatro cuestionarios están divididos en cinco apartados: Presentación y objetivos de la encuesta, Datos demográficos, Datos de formación y/o profesionales, Mujer y tecnología, Cierre de la encuesta. La herramienta empleada para confeccionar los cuestionarios es la que facilita la empresa SurveyMonkey Inc²⁷ en modalidad web.

Para la elaboración de los cuestionarios se han utilizado distintos formatos de preguntas. Fundamentalmente se ha optado por preguntas cerradas con múltiples respuestas, tanto en sus versiones de respuestas excluyentes como de varias respuestas permitidas. Algunas de las preguntas admitían más repuestas de las que se proponían, por ello y para no perder la valiosa información que éstas podrían ofrecer, se incluyeron opciones de respuesta abierta como alternativas junto con las cerradas. Para algunas preguntas, las menos, se ha empleado directamente el tipo de respuesta abierta. Finalmente, también se han aplicado preguntas del tipo Escala de Likert con la intención de medir la actitud y la percepción de los encuestados sobre cómo es y quiénes pueden trabajar en el sector tecnológico.

En cuanto a la distribución y difusión de la encuesta, para incentivar la participación de la comunidad universitaria se han utilizado distintos canales. Por una parte, en la UC3M, a través de la Dirección de la EPS se hizo llegar la encuesta a todos/as sus alumnos/as y profesores/as. Por otra parte, la comunicación se hizo extensiva a miembros de otras universidades para que las distribuyeran por sus centros y a través de redes científicas. También se han utilizado diversos mecanismos de las Redes Sociales.

4.3 Datos obtenidos y discusión

En esta sección se van a presentar los datos obtenidos en la encuesta y se hará una discusión de ellos, teniendo en cuenta toda la documentación y literatura relativa analizada.

4.3.1 Motivación de las estudiantes al seleccionar un estudio técnico

Con una pregunta de tipo abierta, se pregunta a los estudiantes por la motivación que les llevó a elegir o no elegir estudios técnico/científicos.

Las opiniones recogidas de las estudiantes (Mujer) indican como motivaciones principales: su gusto e interés por las matemáticas y las posibilidades laborales que permiten los planes de estudio de las ingenierías. Algunas por vocación, y gusto e interés por las tecnologías, también indican objetos que les gustan y qué se estudian en distintas ingenierías como los circuitos, motores, aviones y temas como la inteligencia artificial.

Algunas alumnas comentan haber tenido referencias cercanas en el ámbito familiar de mujer y/o hombre ingeniero y lo señalan como un factor relacionado a llevarlas a seleccionar estudios ingenieriles. Estas opiniones son acordes a la información encontrada en la literatura, según la cual, una de las causas de la no elección de estudios técnicos por las chicas, es la falta de referentes femeninos tecnológicos. Es importante matizar que el referente masculino también parece que puede ser favorable, ya que según las opiniones recogidas, los referentes masculinos de hermanos y profesores fueron motivadores en su elección.

Hay algunas opiniones que transmiten mucha pasión de alumnas por la tecnología. Manifiestan que quieren dedicarse profesionalmente a dominios de aplicación a temas sociales, de

²³ <https://es.surveymonkey.com/s/women-in-science-estudiante>

²⁴ <https://es.surveymonkey.com/s/women-in-science-PDI>

²⁵ <https://es.surveymonkey.com/s/women-in-science-profesor-asociado>

²⁶ <https://es.surveymonkey.com/s/women-in-science-egresado>

²⁷ www.surveymonkey.com.

ayuda a los demás, de progreso hacia un mundo más sostenible y donde se cuide el medio ambiente. Estas últimas opiniones también están en consonancia con la información encontrada en la literatura donde se indica que a la mujer, le gusta desarrollar su vida profesional en sectores sociales y humanos, y que una de las razones de su baja elección de estudios STEM es no identificar estas salidas profesionales con los estudios de ingeniería. Todo esto apoya la recomendación de la importancia de dar charlas a las chicas en secundaria con el fin de informarles de las salidas profesionales y las aplicaciones sociales de los estudios técnicos. En la sección 3 se han mostrado cifras de la relación de alumnas de secundaria que eligen la especialidad de ciencias y que luego, en un porcentaje muy alto, optan por estudios de ciencias de la salud. Si se divulgaran las salidas profesionales de los estudios técnicos, mujeres que optan por ciencias de la salud podrían interesarse por la ramas más técnicas. Por último, aun siendo muy jóvenes, en algunas estudiantes ya se advierte una vocación y pasión por la investigación y por un futuro profesional científico.

Las opiniones recogidas de los estudiantes (Hombre) aportan menos información. Como motivaciones predominan el interés por la tecnología y temas de la ingeniería como electrónica, ¿automática?, aeroespacial, informática, etc. Es recurrente la respuesta de que se trata de una elección y que siempre han tenido claro que querían ser ingenieros. Al igual que las mujeres, varios encuestados indican que las salidas profesionales y la facilidad para encontrar trabajo también fueron determinantes al seleccionar ingeniería.

4.3.2 Factores de la no elección de los estudios técnicos en mujeres

En ambos cuestionarios se preguntaba cuáles eran los factores por los que pensaban que las mujeres seleccionaban menos estudios de tecnología que los hombres. Se daban tres opciones posibles a elegir dos, más una opción abierta para que los encuestados pudieran dejar sus opiniones. Los resultados, agrupados entre mujeres y hombres, y perfil de estudiante y PDI se muestran en la Figura 1.

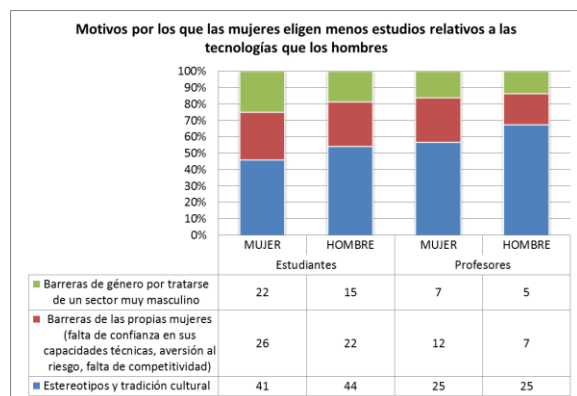


Figura 1. Motivos por los que las mujeres eligen menos estudios en tecnologías que los hombres

Como se puede observar, las opiniones y proporción entre los grupos de PDI y estudiantes son similares, y de igual manera entre hombres y mujeres. En ambos grupos la opción más elegida ha sido “Estereotipos y tradición cultural” con un 54 %, seguida por “Barreras de las propias mujeres” con 27%. Es curioso observar como las mismas mujeres opinan que esta última es una razón de peso en la elección de estudios. El tercer motivo, con un 20% es el de “Barreras de género por tratarse de un sector masculino”.

En la opción abierta, entre los motivos que las mujeres (PDI y estudiantes), indican como los posibles causantes de que pocas mujeres elijan estudiar carreras técnicas, destacan: estereotipos, percepción que transmiten de poco sociales, falta de referencias femeninas en el sector, falta de proyección social y dificultad de conciliar la vida personal con la profesional. Las mujeres estudiantes también inciden en la falta de información pre-universitaria y comentan que en muchas ocasiones, la formación en ciencias se hace de tal forma que en vez de fomentar su estudio genera rechazo. Los hombres (estudiantes y PDI), aunque algunos indican que los motivos están relacionados con los estereotipos, coinciden mayoritariamente en que es una cuestión de diferentes intereses y preferencias entre hombres y mujeres.

4.3.3 Factores del menor número de PDI mujer que PDI hombre en departamentos

Al PDI se le pregunto los motivos por los que había menos profesoras que profesores en estudios de tecnologías, sus respuestas se muestran en la Figura 2.

Como se puede observar, la opción más seleccionada fue también “Estereotipos y tradición cultural”. Le sigue “Dificultad para conciliar la vida personal con la profesional” en una proporción similar entre mujeres y hombres. La tercera es “Barreras de género por tratarse de un sector muy masculino”, que toma más peso que como motivo para no seleccionar estudios técnicos que se ha indicado anteriormente, probablemente debido a que, en el grupo de PDI, el trabajar y convivir es más real, matizando aquí que esta opción ha sido seleccionada mucho más por hombres que por mujeres. Así, la percepción del PDI hombre puede ser que hay menos PDI mujeres por las barreras de género al ser un sector masculino.

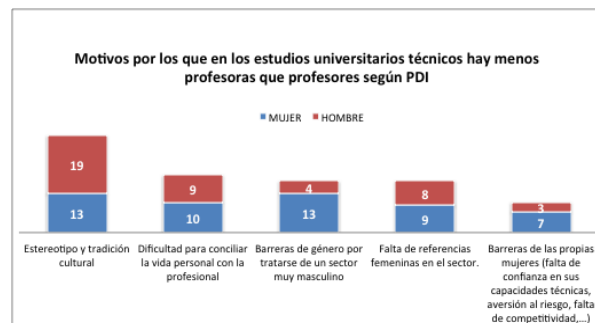


Figura 2. Motivos por los que hay menos profesoras que profesores en los estudios relativos a las tecnologías.

4.3.4 Opiniones sobre tipo de trabajo en el sector tecnológico

Ante las preguntas sobre características del sector tecnológico, no se han obtenido grandes diferencias de opinión ni entre hombres y mujeres, ni entre grupos (ver la Tabla 6). Ambos grupos perciben el trabajo en mayor proporción como “Muy útil” y “Útil”, y como “Entretenido” y “Excitante”.

Por otro lado, el ambiente laboral es percibido como “Social” con una proporción de 65% aunque le sigue una proporción considerable (30%) que lo encuentra “Solitario”. Este aspecto va en consonancia con información encontrada en la literatura, donde señalan que la percepción es que estudiar y trabajar en el sector tecnológico es solitario. En este sentido, las mujeres no lo elegirían porque suelen preferir estudios y sectores más sociales. En [2] el aspecto “Solitario” también se relaciona con el de “persona friki”, y en esta caso se puede entender que los encuestados, a priori no se identifican como raros o frikis.

Tabla 6. Respuestas agrupadas sobre características del tipo de trabajo, cómo es el trabajo en el sector tecnológico

	PDI		ESTUDIANTES		Total
	M	H	M	H	
Muy útil	25	26	57	52	160
Útil	6	13	11	16	46
Poco útil	1	1	0	0	2
Nada útil	0	0	0	0	0
Excitante	11	16	18	16	61
Entretenido	20	21	44	42	127
Rutinario	1	3	6	8	18
Muy aburrido	0	0	0	2	2
Muy social	0	2	4	3	9
Social	23	23	47	43	136
Solitario	9	14	17	22	62
Muy solitario	0	1	0	0	1

4.3.5 Opiniones sobre la remuneración en el sector tecnológico

En relación a la pregunta de qué opinan sobre la remuneración del trabajo en el sector tecnológico (Ver Figura 3), los resultados muestran en mayor proporción la opción de “Bien remunerado” con un 67% seguida de “Mal remunerado” con un 28%.

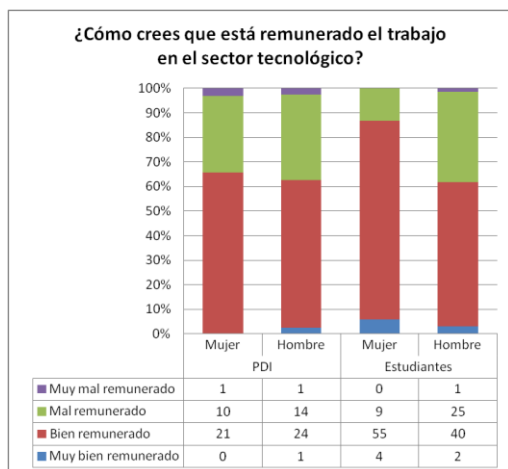


Figura 3. Respuestas agrupadas en relación a opinión sobre remuneración en el sector tecnológico

No hay diferencias entre hombres y mujeres excepto en los estudiantes donde las chicas opinan que está mejor remunerado que los chicos.

4.3.6 Proporción dada por PDI de estudiantes mujer en las asignaturas de la EPS

Al PDI se les pide en el cuestionario que indique el porcentaje aproximado de alumnas por cada asignatura que están impartiendo en este curso.

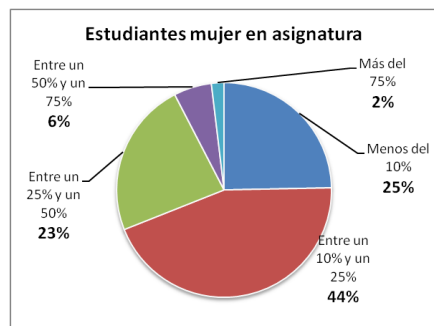


Figura 4. Estudiantes mujeres por asignatura

Tal como se observa en la Figura 4 los resultados muestran la poca proporción de estudiantes mujer en las aulas, y confirman la poca participación de la mujer en los grados de estudios técnicos, motivación de esta investigación.

4.3.7 Medidas para el incremento del número de mujeres en los estudios técnicos

En la encuesta se pidió que ordenaran de 1 a 5 unas medidas predefinidas extraídas de la literatura estudiada y que potencialmente podrían servir para fomentar que las mujeres estudien titulaciones técnicas. El orden que establecieron PDI y estudiantes para cada una de ellas fue el siguiente:

- “Que mujeres estudiantes y profesoras de grados relativos a las tecnologías actúen como embajadoras impartiendo charlas en los institutos”; PDI en primer lugar y estudiantes en segundo.
- “Que mujeres profesionales del sector tecnológico actúen como embajadoras impartiendo charlas en los institutos”; PDI en tercer lugar y estudiantes en primero.
- “Que en los materiales promocionales de las universidades se incluyan ejemplos de mujeres que han tenido carreras exitosas en el mundo tecnológico”; PDI en segundo lugar y estudiantes en cuarto.
- “Que en los materiales promocionales de las universidades se incluyan los datos de mayor ratio de empleabilidad y mayores remuneraciones de los trabajos del sector tecnológico”; PDI en cuarto lugar y estudiantes en tercero.
- “Que se ofrezcan grados y máster técnicos que traten temas más potencialmente más populares para mujeres (informática médica, multimedia, interacción persona máquina, etc.)”; tanto PDI como estudiantes los ubicaron en quinto lugar.

Finalmente, tanto en ésta como en las 2 preguntas siguientes, se podían incluir, en respuesta abierta, otros comentarios, opiniones y sugerencias sobre opciones que pudieran fomentar que las mujeres estudiaran grados técnicos. De los cuatro grupos, el de las mujeres estudiantes ha sido el más participativo respondiendo a estas preguntas.

En general todos han coincidido en que la difusión de la cultura tecnológica y científica desde edades tempranas, es un elemento fundamental para acabar con los estereotipos. Mayor información sobre las salidas profesionales (la tecnología mejora la vida de las personas) y más visibilidad a los referentes femeninos, son factores que aparecen en los comentarios de todos los grupos.

Las chicas estudiantes indican que su percepción es que la situación está mejorando poco a poco, sin embargo, inciden en que hay que “superar los estereotipos culturales”, “acabar con el patriarcado y los roles de género”. Indican que habría que cambiar la imagen del estudiante de carrera técnica como “un/a friki”, porque ni se corresponde con la realidad, ni a las mujeres les gusta parecer “frikis”. También habría que ver cuál es el motivo por el que las estudiantes tienden a abandonar asignaturas relacionadas con las matemáticas, porque ya veíamos en el apartado 4.3.1, que una de las opciones por las que las chicas optan por los estudios técnicos es su gusto por esta asignatura.

Cuidar aspectos como el lenguaje y no hablar solo de *ingenieros*, sino de *ingenieros e ingenieras* y *educar a los educadores* para evitar comportamientos machistas que, según indican, todavía se siguen dando por parte de algunos profesores y compañeros. En este sentido, se han recogido algunos comentarios que muestran ejemplos de que todavía vivimos en una sociedad patriarcal, con adopción de roles de género en PDI (Hombre) y en mayor número

en estudiantes (hombre) quienes opinan que el rechazo y/o poco interés de las mujeres por la tecnología y las, sin embargo, habilidades en otras tareas nada tecnológicas, son características inherentes en las mujeres. En cuanto a las profesoras (Mujer), además de los aspectos que señalan las estudiantes, añaden que es necesario que haya una posibilidad real de conciliar la vida familiar y profesional.

Los estudiantes y PDI (Hombre), en cuanto a las medidas positivas, coinciden con las indicadas por las mujeres.

5. CONCLUSIONES

Estudios indican una escasez persistente de mujeres que eligen estudios de las disciplinas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), además de una muy baja participación profesional en el sector tecnológico. En este artículo se ha realizado una revisión de estudios relativos indicando recomendaciones de estrategias a seguir y casos de buenas prácticas para combatir esta situación de brecha de género en los estudios técnicos.

Dada la estructura del sistema educativo español, se presenta un estudio indicando cifras del número de chicos y chicas por estudios Bachillerato de ciencias o no, y su selección posterior de estudios universitarios. De él se ha obtenido información de cuándo y porqué las chicas se suelen distanciar de los estudios tecnológicos relacionándolo con teorías y factores vistos en la literatura.

Este estudio se enmarca en un trabajo de investigación cuyos objetivos principales son obtener un estado de la cuestión de la situación de la brecha de género en los estudios STEM universitarios, analizar los datos y valorar las posibles acciones que pudieran favorecer el incremento de graduadas en ellos. Para completar la información recogida de informes y trabajos, se ha realizado una encuesta con una muestra de 72 profesores y 140 estudiantes en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Los resultados de la encuesta se presentan y se discuten en relación a la literatura vista. De estos datos se han obtenido las primeras opiniones y reflexiones en el seno de la misma universidad.

Como trabajo en curso y futuro, la encuesta se ha difundido en los campus de Humanidades y Ciencias Sociales de la UC3M, para obtener información del porqué las estudiantes no han optado por estudios técnicos. También se está difundiendo por todas las universidades españolas con el objeto de poder analizar los datos de forma global. Por otro lado, se está diseñando un estudio de análisis y realización de encuesta para llegar a las estudiantes de secundaria, y obtener información de la situación antes del momento en el que seleccionan el bachillerato de ciencias o no.

ACKNOWLEDGMENTS

Nuestro agradecimiento a la Dirección y comunidad de la Escuela Superior Politécnica (EPS) de la UC3M por la acogida de la iniciativa y participación en el estudio.

This work was supported by the Spanish Ministry of Education under the project MULTIMEDICA [TIN2010-20644-C03-01] and by the European project TrendMiner (EU FP7-ICT 287863).

REFERENCES

- [1] Computing Research Association. Taulbee Survey data from 2001 and 2010; <http://www.cra.org/resources/taulbee>
- [2] European Union, 2013. Women active in the ICT sector. Final Report. A study prepared for the European Commission DG Communications Networks, Content & Technology. ISBN: 978-92-79-32373-
- [3] European Commission. 2012. She Figures 2012. Gender in Research and innovation. Statistics and Indicators http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/she-figures-2012_en.pdf
- [4] Baumann, D., Hambrusch, S., and Neville, J. Gender demographics trends and changes in U.S. CS departments. *Commun. ACM* 54, 11 (Nov. 2011), 38–42.
- [5] Katie Redmond, Sarah Evans, and Mehran Sahami. 2013. A large-scale quantitative study of women in computer science at Stanford University. *SIGCSE '13. ACM*, 439-444.
- [6] Annique Smeding . Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): An Investigation of Their Implicit Gender Stereotypes and Stereotypes' Connectedness to Math Performance. *Sex Roles* (2012) 67:617–629
- [7] Nazli Hardy. 2008. Women in computer science: harnessing the power of web 2.0 to draw women to computer science fields. *SIGITE '08. ACM*, 59-60.
- [8] Christine Alvarado and Eugene Judson. 2014. Using targeted conferences to recruit women into computer science. *Commun. ACM* 57, 3 (March 2014), 70-77.
- [9] Paul De Palma. 2001. Viewpoint: Why women avoid computer science. *Commun. ACM* 44, 6 (June 2001), 27-30.
- [10] Allan Fisher and Jane Margolis. 2002. Unlocking the clubhouse: the Carnegie Mellon experience. *SIGCSE Bull.* 34, 2 (June 2002), 79-83.
- [11] Sandra Baldassarri, Eva Cerezo y Pilar Molina. Analisis de la situación de la mujer en los estudios técnicos de la universidad de Zaragoza. VI Congreso Iberoamericano de Ciencia Tecnología y Género. Salamanca. 2006
- [12] Verónica Sanz. 2008. Mujeres e Ingeniería Informática: el caso de la Facultad de Informática de la UPM. *Arbor* (Revista de Ciencia, Pensamiento y Cultura), V. 184, N 733.
- [13] Karen A. Kim, Amy J. Fann, and Kimberly O. Misa-Escalante. 2011. Engaging Women in Computer Science and Engineering: Promising Practices for Promoting Gender Equity in Undergraduate Research Experiences. *Trans. Comput. Educ.* 11, 2, Article 8 (July 2011), 19 pages.
- [14] Mercedes Inda, Carmen Rodríguez y José Vicente Peña. Gender differences in applying social cognitive career theory in engineering students. *Journal of Vocational Behavior* Volume 83, Issue 3, December 2013, Pages 346–355
- [15] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte . Datos Básicos del Sistema Universitario Español. Curso 2013/2014 http://www.mecd.gob.es/dms/mecd/educacion-mecd/areas-educacion/universidades/estadisticas-informes/datos-cifras/DATOS_CIFRAS_13_14.pdf

Columns on Last Page Should Be Made As Close As Possible to Equal Length

EER'14
E-Learning and Educational Resources

A brief overview of quality inside learning object repositories

Cristian Cechinel

Federal University of Pelotas (UFPel)
R. Felix da Cunha 630, Centro – Pelotas (RS), Brasil
+55 (53) 32279079
contato@cristiancechinel.pro.br

Xavier Ochoa

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Km. 30.5 Vía Perimetral- Guayaquil, Ecuador
+593 4 2269773 ext. 7006
xavier@cti.espol.edu.ec

ABSTRACT

Assessing quality of learning objects (LOs) is a difficult and complex task that normally revolves around multiples and different aspects that need to be addressed. Nowadays, quality assessment of LOs inside repositories is based on the information provided by the same community of users and experts that use such platforms. These kinds of information are known as evaluative metadata and constitute a value body of knowledge about Los that is normally used inside the repositories during the process of searching and retrieving. The present work aims to present a brief overview about how LOs quality is being assessed inside some of the most important repositories existent nowadays, as well as some limitations of these existing approaches.

Categories and Subject Descriptors

H.3.7 [Information Storage and Retrieval]: Digital Libraries – collection, user issues.

General Terms

Management, Measurement, Design, Human Factors.

Keywords

Learning Object Repositories, Quality Assessment, Evaluative Metadata, Ratings, Evaluation.

1. INTRODUCTION

Assessing quality of learning resources is a difficult and complex task that often revolve around multiple and different aspects that must be observed. In fact, the very definition of quality is not straightforward. Vargo, Nesbit, Belfer & Archambault [1] state that, even though LO evaluation can be considered a relatively new field, it has roots with an extensive body of prior work on the evaluation of instructional software. As stated by Bethard, Wetzer, Butcher, Martin & Sumner [2] quality is contextual and it will depend on “*the alignment between the user constituency being served, the educational setting where deployed, and the intended purpose of the resource*”. Vuorikari et al. [3] highlights that existing evaluation approaches could be differentiated based

on the process they focus. Among others, they mentioned two characteristic examples of approaches, those which focus on *the process of creating resources*, and those who *focus on ready resources* and their evaluation.

According to Williams[4], what a LO ought to be is related to the perspectives of different opinions of those who are the actual users of the resource. So, in order to evaluate quality, it is necessary to consider the particular spectrum of users and the particular set of criteria used by these users to value the resource. Williams [4] proposes a participant-oriented model (involving different users and stakeholders) composed by four types of LO evaluation that should be made simultaneously, repeatedly and sequentially during various stages of the LO development. This approach covers the whole process of creating resources, and the four types of LO evaluation proposed are:

1. Context Evaluation – It tries to establish if there is a need of some LO according to the needs and expectations of the possible users of this LO;
2. Input Evaluation – It compares alternative inputs focusing to meet the needs identified in the previous step. The main goal here is to evaluate the alternative learning objects that could attend the established needs.
3. Process Evaluation – It assesses the planning, the design and the development of the selected inputs, e.g., how well the instructional strategy and LO were implemented.
4. Product Evaluation – It assesses if the LO is attending the initial outcomes expected for its usage.

Each type of evaluation should consider who are the people which care about the LO (the audience of the LO), and what do they care or have interest about. The people who care about the LO could be, for instance, students, teachers, instructional designers, an organization, among others. These audiences can have different understandings and expectations about the LO, and thus can use distinct criteria and values to judge the quality of the LO (for instance, reusability, quality of the metadata, the instructional approach, among others). According to [4], the combination of these information would then define how one should conduct the process of evaluation of a LO.

Besides Williams[4], other authors have also claimed that concerns about quality normally focus on different criteria. For instance, in the context of digital libraries, Custard & Sumner [5] stated that the main issues related to quality are: Accuracy of content, Appropriateness to Intended Audience, Effective Design, and Completeness of Metadata Documentation. In the specific field of learning multimedia resources, the so far most recognized instrument for quantitatively measuring quality is the Learning Object Review Instrument (LORI) [6]. This instrument

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

is intended to evaluate the final and “*ready for use*” LO. In LORI quality is evaluated according to nine different criteria which are rated in a 1 to 5 Likert scale (see Figure 1).

Learning Object Review Instrument (LORI)
Version 1.5

Scoring Sheet

Learning Object _____ Reviewer _____

General Remarks

Low → High

★ ★ ★ ★ ★

★ ★ ★ ★ ★

★ ★ ★ ★ ★

1. Content Quality: Veracity, accuracy, balanced presentation of ideas, and appropriate level of detail	1	2	3	4	5	NA
2. Learning Goal Alignment: Alignment among learning goals, activities, assessments, and learner characteristics	1	2	3	4	5	NA

Figure 1. Screenshot of LORI evaluation sheet [6]

Leacock & Nesbit [7] provide some explanations about each one of the nine dimensions of LORI and how they should be interpreted to evaluate LOs:

1. **Content quality** – one of the most important aspects of LO quality. This dimension deals with the level of accuracy and reliability of the content, as well as the existence of biases, errors and omissions.
2. **Learning goal alignment** – it is focused for LOs with a moderate level of granularity, and containing a combination of content, learning activities, and assessments. It intends to evaluate whether the learning activities are aligned with the goals of the LO, and if these activities provide the required knowledge for the users successfully answer the assessments.
3. **Feedback and adaptation** – it measures the capability of the LO to provide feedback and adapt itself according to the user needs. Such adaptation can be related to the localization of the LO for a specific culture or language (as in [8], or even to change the LO presentation and content according to a certain preferred user learning style, for instance.
4. **Motivation** – it evaluates the ability of the LO in retaining users attention, i.e. if the LO is relevant to the learners’ goals and in accordance to their level of knowledge. According to Leacock & Nesbit [7] learner’s expectations about their success or failure on performing a given task using the LO will also impact on motivation.
5. **Presentation design** – This refers to the quality of exposition (clearness and conciseness) of all items in a LO (text, video, animations, graphics). Aspects such as the font size, or the existence of distracting colors should also be taken into consideration.
6. **Interaction usability** – this criteria evaluates how easy is for a learner to navigate the LO. Good usability will present consistent layout and structure thus avoiding overloading the user with misleading responses and information. Problems with navigation could also be caused, for instance, by broken links or long delays during the usage.
7. **Accessibility** – it refers to accommodation of issues of accessibility of people with disabilities in the design of the LO. For instance, a LO with only textual information would exclude blind learners if no audio voice-over is included.
8. **Reusability** – It deals with the potential of the LO to be used in different courses and contexts. Issues as the granularity of the LO and openness will influence its portability to different scenarios.
9. **Standards compliance** - Whether the metadata fields associated to the LO follow the international standards and are complete in a way that allow others to effectively use that information to search and evaluate the LO relevance.

Even though Leacock & Nesbit [7] provide structural and theoretical foundations for assessing and understanding these many aspects involving quality, they still are all broadly interpreted dimensions that can be subject of divergence from different evaluators. Moreover, different evaluators can also give more importance to one specific dimension than to the others. In order to soften this situation, Nesbit et al. [9] propose applying LORI through the use of a convergent model, where several evaluators from distinct areas (instructors, instructional designers, and multimedia developers) collaborate to achieve a single and unique quality rating for a given resource. In fact, this concept was applied in eLera as it will be shown in next section.

The focus of this paper is to present how evaluation of resources takes place inside learning object repositories. As resources inside repositories are normally ready for use, the quality evaluation approaches adopted by the repositories and covered in the next section are related to the second approach mentioned by Vuorikari et al. [3] (which focus on ready resources rather than on the process of creating them), and to the Product Evaluation type proposed by Williams [4].

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 describes how quality assessment takes place inside some of the most important repositories existing nowadays, and presents some basic differences between the two forms of reviews used inside repositories (peer-reviews and public-review). Section 3 discusses some limitations of the current approaches for quality assessment and describes initial results on experiments towards automated quality assessment of learning objects. Section 4 presents the final remarks.

2. Evaluation inside Repositories

After their production, LOs must be published in a place where users can easily search and retrieve them for future use, a phase defined in the LO life-cycle by Collis & Strijker [10] as **offering**. Learning Object Repositories (LORs) are the software systems that provide the functionalities for that. A repository could be simply defined as a digital collection where resources are stored for further retrieval. LORs are potential aggregators of communities of practitioners [11-13], i.e. people who share interests and concerns about something they do and learn through their interactions. Due to that, they tend to harness the features of such social environments through the adoption of strategies for the establishment of quality that rely on the impressions of usage and evaluations given by regular users and experts that are members of the repository community. These strategies rely on 1) the hypothesis of transactive memory systems [14], i.e., systems that store individuals memories, impressions or/and information about a subject in order to form a universal and collective body of knowledge that can serve as an external memory aid for other individuals; and 2) on the value of metadata from the perspective of social capital theories, i.e.,

enabling and strengthening social relations that have potential to facilitate the accrual of economic or non-economic benefits to the individuals[15].

Vuorikari et al. [3] address this kind of information as evaluative metadata. According to the authors, “*evaluative metadata has a cumulative nature, meaning that annotations from different users accumulate by the time, as opposed to having one single authoritative evaluation*”. Inside repositories, evaluative information are normally used as the basis for quality assurance of the resources, but also for properly rank and recommend them for users.

In this section we present how evaluative metadata can be found in some of the most important LORs existing nowadays.

2.1 Lera

eLERA (www.eler.net) – Stands for E-Learning Research and Assessment Network. It was a small LORF¹(with approximately three hundred resources), however, its importance rested on the fact that it was originally created for research purposes. The main focus of the repository was to provide mechanisms and tools for the collaborative and participative assessment of learning objects through the use of LORI.

In eLera, members could create reviews of learning objects by using LORI, and experienced members could moderate teams of members in a collaborative online review process where reviewers discussed and compared their evaluations [16] (see Figure 2). Besides, members could also add some resource to their personal bookmarks, allowing eLera to recommend materials not only by using their associated ratings, but also by using their popularity.

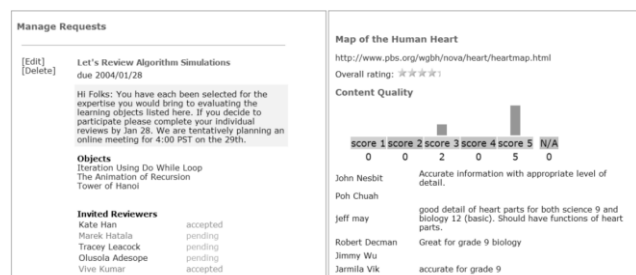


Figure 2. An eLera request for review (left) and distribution of ratings on a LORI item (right), taken from Nesbit & Li [16]

2.2 Connexions

Connexions is a repository that allows users to collaborative create and share learning materials and that has presented an exponential growth of contributors in the last years. According to [17], such success can be attributed to the fact that, differently from the traditional LORs, Connexions functions through the “social interaction for the creation of materials”, where all materials are created by its own community of members. This community can develop materials in two formats: modules (small

pieces of knowledge) and collections (groups of modules structured into course notes). In Connexions every material available is free for using, reusing and sharing with others under a Creative Commons² license.

Quality in Connexions is approached by a system called lenses (see Figure 3) that arranges resources according to evaluations provided by individuals and organizations [18]. In this context, resources are explicitly endorsed by third parties, and gain higher quality assurance as they start to accumulate more endorsements (lenses) from others. Moreover, Connexions also provides mechanisms to sort materials considering their number of accesses over the time and considering the ratings given by users. Recently, Connexions has also integrated to the repository plugins of two popular and well succeeded tools for social interaction (Facebook and Twitter) thus allowing the community of users to recommend and disseminate materials across these social platforms.

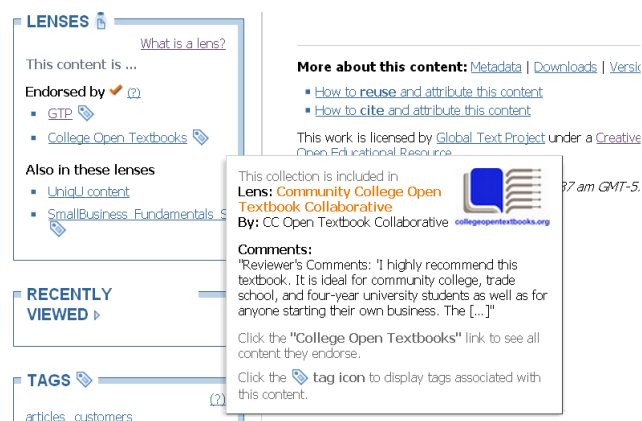


Figure 3. Connexions repository – lenses display

2.3 Organic.Edunet

Organic.Edunet (portal.organic-edunet.eu) is a federation of repositories funded by the European Union and focused on contents exclusively related to Organic Agriculture and Agroecology. Even though it is a very recent repository (launched in 2009) it has already approximately 2,500 users and 11,000 resources. The importance of Organic.Edunet also lays on the fact that this repository is a SLOR thus allowing users to perform a semantic search for the materials.

In Organic.Edunet, quality is assured by the community of users who are allowed to rate the resources, and to improve their metadata translations (the portal is multilingual, the interface is available in nine (9) languages and the metadata about the resources is manually translated in up to eight (8) languages)(see Figure 4). Moreover, any user can give direct feedback about a given resource to the portal as well as to report inappropriate contents.

¹ Repository that stores only metadata about LOs and not LOs themselves.

² <http://creativecommons.org/>



Figure 4. Educational resource at Organic.Edunet

2.4 GRAPHITE

Graphite is a relatively new repository that stores information about learning resources and is supported by Common Sense Media³. In Graphite it is possible to find websites, games and apps that are officially rated by a board of editors and reviewers of the portal. As the portal is build by teachers and for teachers, such community is also allowed to rate and comment the resources, adding impressions of their usage in the classroom (the so called field notes). The averages teachers ratings are then displayed together with the official ratings (see Figure 5). The evaluations range from 1 to 5 and indicate the learning potential of the resources (not for learning, fair, good, very good, excellent) following three learning dimensions, which are:

1. Engagement (whether the resources hold learners' interest);
2. Pedagogy (if the product carry content central to the learning experience)
3. Supports (whether the resource provides appropriate feedback, and are there support for teachers and learners).

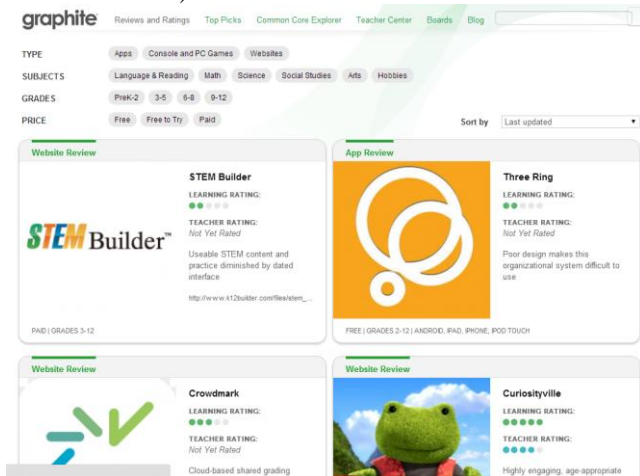


Figure 5. List of resources in Graphite

Resources in Graphite are classified/tagged according their subjects (Language and Reading, Math, Science, Social Studies, Arts, and Hobbies) and that the resource facilitates (Thinking and reasoning, creativity, self-direction, emotional development, communication, collaboration, responsibility and ethics, technical skills, and health and fitness). Each resource review also contains comments about the pros and cons of the resource, and how the resource works.

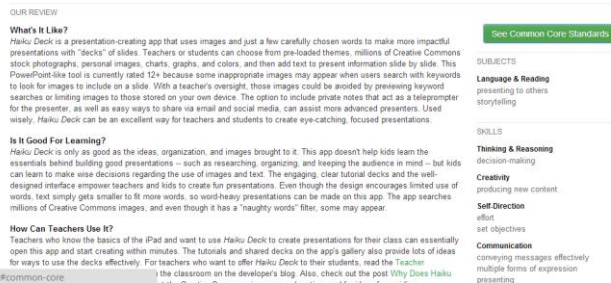
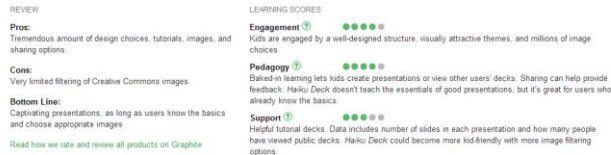


Figure 6. Quality Evaluation in Graphite

2.5 MERLOT

The Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching (MERLOT⁴) is a well known and recognized international initiative which allows users to catalogue educational resources aiming to facilitate the use and sharing of online learning technologies[19]. It is developed by the California State University Center for Distributed Learning and stores metadata of over 30,000 materials distributed in several areas (Arts, Business, and Humanities, among others). Its community of users is formed by about 100,000 members. As MERLOT does not store LOs locally, it can be considered as a refractory.

The MERLOT repository introduced a post-publication peer-review model in order to assure the quality of its catalogued resources [19]. The materials catalogued in MERLOT are peer-reviewed by different experts in the discipline domain according to a formal and pre-defined evaluation criterion that addresses three different aspects:

1. Quality of Content;
2. Potential Effective as a Teaching Tool; and
3. Ease of use.

After peer-reviewers report their evaluations, the chief-editor composes one single report which is published in the repository with the authorization of the authors.

In addition to peer-reviewers evaluations, MERLOT also allows the community of users to provide comments and ratings for the materials, complementing its strategy of evaluation with an alternative and more informal mechanism. The ratings of both

³ <http://www.commonssensemedia.org/>

⁴ www.merlot.org

(users and peer-reviewers) range from 1 to 5, with 5 as the best rating.

Moreover, MERLOT also allows users to bookmark the resources in the so-called *Personal Collections*, providing them a way of organizing their favorite materials according to their individual interests [20]. At last, MERLOT annually gives a special award (the MERLOT Classics Awards) for outstanding materials according to a program criterion of the disciplines (see Figure 7). All these evaluative metadata together are used to sort learning materials every time a user performs a search in the repository.

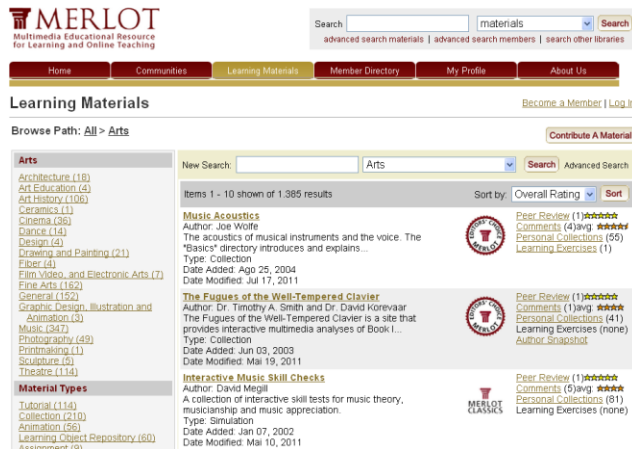


Figure 7. The MERLOT repository (Arts discipline learning materials)

MERLOT is particularly peculiar in the sense that ratings are gathered from two well defined and different groups of people (general public and experts), which possibly come from distinct backgrounds and may have divergent opinions with respect to quality. In fact, these differences between reviewer's groups can be considered as a strong point of the adopted approach, which provides complementary views about the same subject. In the next subsection we briefly describe the main characteristics and differences between these two approaches.

2.6 Peer-Review and Public-Review

Peer-review is conventionally known as the process of assessing a scientific paper or project idea by critical examination of third parties that are experts in the same work domain. This system is widespread in the process of publishing papers in journals and conferences, where the work under evaluation is submitted to a chief-editor which requests a group of fellow-experts to review it in order to obtain advices about whether or not the article must be accepted for publishing, and what further work is still required in the case of acceptance [21]. In the most widely adopted form of peer-review, the identity of the reviewers is hidden from the authors, as well as from the other reviewers. The defenders of peer-reviewing claim that this kind of professional approval serves as a way of assuring the quality of papers published. However, the system is not free from criticisms and issues such as: conflicts of interest, biases of the peers, unnecessary time delay, and the inability on detecting frauds, all mentioned as possible shortcomings of the peer-review process [22]. In any case, and despite the controversies regarding its efficiency, the peer-review system remains as the cornerstone for quality assurance in the academic field, and has also entered in

the scene of educational resources after its implementation in MERLOT.

On the other hand, public-review is widely diffused in areas such as online vendors (e.g. Amazon, eBay) and several communities of interest (e.g. IMDb, YouTube, RYM, etc). In these, users normally benefit themselves from comments and ratings given by the community through the use of recommender systems (such as collaborative filters) which, based on the comparison of user's profiles and the correlation of personal tastes, provide personalized recommendation of items and products that will probably be of their interest [23]. In this kind of social systems, the motivations and goals behind the users' participation vary significantly, from the desire and need of social interaction, to professional self expression and reputation benefits [24]. Table 1 explores some other aspects which normally differentiate standard peer-review and public-review systems.

Table 1. Different aspects involving peer-review and public-review

Aspects	Peer-Review	Public-Review
Evaluator background	Expert in the field domain	Non-expert
Existence of official criteria or metrics	Yes	No/Sometimes
Community of evaluators	Restricted	Wide opened
Common models	Pre-publication	Post-publication
Domain	Scientific field, journals and funding calls	Online vendors, communities of interest
Motivation	Prestige, fame, to determine the quality and direction of research in a particular domain, obligation	Desire and need of social interaction, professional self expression, reputation
Communication among evaluators	Not allowed	Encouraged
Selection of evaluators	Editor responsibility	None
Financial compensation	Normally none	None
Time taken for the evaluation	Typically slow	Typically fast
Level of formality	Formal process for editing and revision	Informal
Author's identity	Masked	Non-masked
Requirements to be a reviewer	To be an expert in the field and to be invited	Creation of a member's account

3. Existing strategies for evaluation inside LORs versus automated evaluation

Although current strategies for evaluation inside repositories can be considered successful at some extent, the amount of learning objects inside repositories tend to grow faster than the capacity of the community to evaluate them [25]. Such condition turns impractical to rely only on human effort to classify good quality resources as it becomes impossible to provide evaluative metadata for every single resource in the repository, thus leaving many resources of the current repositories without any measure of quality at all. This situation has raised the concern about the development of new automated techniques and tools that could be used to complement the existing approaches in order to relieve manual work. The actual abundance of resources inside repositories [26] and the availability of contextual evaluations in some of them have opened the possibility of seeking for intrinsic metrics of learning objects that could be used as indicators of quality. This means to say that learning objects could be “mined” and quantitative measures of good and not-good resources could be compared in order to discover intrinsic attributes associated with quality, thus allowing the creation of statistical profiles of good and poor resources that could serve as the basis for quality prediction.

Even though automated analysis cannot replace traditional inspection techniques, it carries the potential of offering an inexpensive and time saving mechanism to *a priori* explore the quality of materials, therefore complementing other existing approaches. The deployment of such automated tools would certainly improve the general quality of the services provided by repositories regarding the processes of searching, selecting and recommending good quality materials. Contributors could, for instance, benefit of such new feature by evaluating beforehand the quality of their resources, which would allow their improvement through the use of the quality metrics referenced by the tool.

Initial works in this direction have been developed by [27] who proposed a complementary approach for automated evaluation that relies on the data that can be directly extracted from the learning resources themselves in combination with evaluative metadata. The main advantage of such proposal is to offer a tool which is able to assess quality of new resources inserted in the repository without the need of annotations about them. The authors have offer the very first foundations for the development of such tool by contrasting intrinsic metrics of highly-rated and poorly-rated learning objects stored in MERLOT repository and identifying which metrics are mostly associated with rated resources in the context of that repository. In their work, they have found that the tested metrics present different profiles and tendencies between *good* and *not-good* materials depending on the category of discipline and the type of material to which the resource belong. For instance, positive correlations were found between the *Number of Images* and highly rated learning resources in the disciplines of *Education*, *Mathematics and Statistics*, and *Science and Technology*, and for the *Number of Applets* in the *Business* discipline [27]. Moreover they built a Linear Discriminant Analysis model based on the metrics which was able to distinguish between good and not-good materials (for the discipline of Science and Technology and Simulation type) with an overall accuracy of 91.49%, a remarkable achievement for a preliminary attempt towards automated evaluation.

In another experiment [28], the authors tested a slightly different and more algorithmic approach, i.e., the models were generated exclusively through the use of data mining algorithms. Among other good results, one can mention the model for *Humanities* \cap *Simulation* that was able to classify *good* resources with 75% of precision and *not-good* resources with 79%; and the model developed for *Mathematics* \cap *Tutorial* with 79% of precision for classifying *good* resources and 64% for classifying *not-good* ones.

The same approach was tested for the Connexions repository in [29], however the generated models presented poor performances for classifying resources. According to the authors, this may be a consequence of the small size of the population of resources that had evaluative metadata (endorsements). Therefore it is still needed to wait the growth of endorsements in the repository in order to better evaluate the feasibility of creating models for automatically classify resources according to their amount of endorsements.

Whether or not the methodology can be extrapolated for other repositories is still a subject for further investigation and research. In the mentioned works, the authors relied on information (categories of discipline, types of materials, peer reviewers and users ratings, endorsements) that are not (necessarily) available in other learning resources repositories. In the cases where some of these information are not available, alternative ways of searching for LOs quality must be found in order to contrast with the metrics for the establishment of these profiles, such as, for instance, the use of ranking metrics [30] or other kinds of evaluative metadata available in such repositories.

4. Final Remarks

Evaluating quality of learning objects is a difficult task that normally involves several distinct aspects and different stakeholders, and the existing learning object evaluation methods and frameworks are not free from ambiguities. Different Learning object repositories are frequently adopting strategies that rely on the community of users and experts that assess the quality of the resources by rating and commenting them. Such evaluations can be performed according to a formal and pre-defined evaluation criterion that addresses specific different aspects, or in a more informal way and without pre-defined specifications. The resulting set of evaluations is then used by LORs to facilitate the process of searching and ranking resources and is considered as a social body of knowledge that serves as an external memory aid for individuals that navigate in such portals. The existence of such evaluations also opens de possibility for the future implementation of personalized recommendations based on the preferences of the users [31]. At the same time that current strategies have established themselves as the main alternative for quality evaluation inside repositories, they are still insufficient to cover the huge amount of resources that continuous grown in such platforms. Therefore, there is an urgent need for the development of alternatives that help to boost the provision of quality information in complement of existing manual strategies.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been funded by CYTED (Ibero-American Programme for Science, Technology and Development) as part of project “RIURE - Ibero-American Network for the Usability of Learning Repositories” (code 513RT0471), and by the Núcleo de Estudios e Investigaciones en Educación Superior del Sector Educativo del MERCOSUR (Center of Studies and Investigations on Higher Education of MERCOSUL) as part of Project “Marcos regulatorios, Modelos institucionales y formatos didácticos: Dimensiones de la calidad en las Prácticas de Enseñanza a Distancia en países del MERCOSUR” (Regulatory Marks, Institutional Models and Didactic Forms: Quality Dimensions of Distance Learning Practice in MERCOSUL Countries).

6. REFERENCES

- [1] Vargo, J., Nesbit, J. C., Belfer, K. and Archambault, A. Learning Object Evaluation: Computer-Mediated Collaboration and Inter-Rater Reliability. *International Journal of Computers and Applications*, 25, 3 (2003), 1-8.
- [2] Bethard, S., Wetzer, P., Butcher, K., Martin, J. H. and Sumner, T. Automatically characterizing resource quality for educational digital libraries. In *Proceedings of the Proceedings of the 9th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries* (Austin, 2009).
- [3] Vuorikari, R., Manouselis, N. and Duval, E. Using Metadata for Storing, Sharing and Reusing Evaluations for Social Recommendations: the Case of Learning Resources. *Social Information Retrieval Systems: Emerging Technologies and Applications for Searching the Web Effectively*. Hershey, PA: Idea Group Publishing(2008), 87–107.
- [4] Williams, D. D. *Evaluation of learning objects and instruction using learning objects*, 2000. <http://reusability.org/read/chapters/williams.doc>.
- [5] Custard, M. and Sumner, T. Using Machine Learning to Support Quality Judgments. *D-Lib Magazine*, 11, 10 (2005).
- [6] Nesbit, J. C., Belfer, K. and Leacock, T. *Learning object review instrument (LORI)*, E-learning research and assessment network. Retrieved from <http://www.elera.net/eLera/Home/Articles/LORI%20manual>, 2003.
- [7] Leacock, T. L. and Nesbit, J. C. A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources. *Educational Technology & Society*, 10, 2 (2007), 44-59.
- [8] Cechinel, C., Camargo, S. d. S. and Perez, C. C. Uma proposta para localização facilitada de Objetos de Aprendizagem. In *Proceedings of the XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (Aracaju, 2011).
- [9] Nesbit, J. C., Belfer, K. and Vargo, J. A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 28, 3 (2002).
- [10] Collis, B. and Strijker, A. Technology and Human Issues in Reusing Learning Objects. *Journal of Interactive Media in Education; May 2004: JIME Special Issue on the Educational Semantic Web*, 2004, 1 (2004).
- [11] Brosnan, K. Developing and sustaining a national learning-object sharing network: A social capital theory perspective. In *Proceedings of the Proceedings of the ASCILITE 2005 Conference* (Brisbane, Australia, 2005). ASCILITE.
- [12] Monge, S., Ovelar, R. and Azpeitia, I. Repository 2.0: Social Dynamics to Support Community Building in Learning Object Repositories. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 4(2008), 191-204.
- [13] Han, P., Kortemeyer, G., Krämer, B. and von Prümmer, C. Exposure and Support of Latent Social Networks among Learning Object Repository Users. *Journal of the Universal Computer Science*, 14, 10 (2008), 1717-1738.
- [14] Wegner, D. M. *Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind*. Springer-Verlag, New York, 1986.
- [15] Lytras, M. D., Sicilia, M.-Á. and Cechinel, C. *The value and cost of metadata*. World Scientific Publishing Company, 2014.
- [16] Nesbit, J. C. and Li, J. Z. Web-based tools for learning object evaluation. In *Proceedings of the International Conference on Education and Information Systems: Technologies and Applications* (Orlando, Florida, 2004).
- [17] Ochoa, X. Connexions: a Social and Successful Anomaly among Learning Object Repositories. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2, 1 (2010).
- [18] Kelty, C. M., Burrus, C. S. and Baraniuk, R. G. Peer Review Anew: Three Principles and a Case Study in Postpublication Quality Assurance. *Proceedings of the IEEE*, 96, 6 (2008), 1000-1011.
- [19] Cafolla, R. Project MERLOT: Bringing Peer Review to Web-Based Educational Resources. *Journal of Technology and Teacher Education*, 14, 2 (2006), 313-323.
- [20] Sicilia, M.-Á., Sánchez-Alonso, S., García-Barriocanal, E. and Rodríguez-García, D. Exploring Structural Prestige in Learning Object Repositories: Some Insights from Examining References in MERLOT. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems - INCOS '09*. (2009).
- [21] Harnad, S. The invisible hand of peer review. *Exploit Interactive*, April, 5 (2000) Retrieved from <http://www.exploit-lib.org/issue5/peer-review>
- [22] Benos, D., Bashari, E., Chaves, J., Gaggar, A., Kapoor, N., LaFrance, M., Mans, R., Mayhew, D., McGowan, S., Polter, A., Qadri, Y., Sarfare, S., Schultz, K., Splitgerber, R., Stephenson, J., Tower, C., Walton, G. and Zotov, A. The ups and downs of peer review. *Advances in Physiology Education*, 31, 2 (2007), 145-152.
- [23] Resnick, P. and Varian, H. R. Recommender systems. *Commun. ACM*, 40, 3 (1997), 56-58.
- [24] Peddibhotla, N. and Subramani, M. Contributing to Public Document Repositories: A Critical Mass Theory Perspective. *Organization Studies*, 28, 3 (2007), 327-346.
- [25] Cechinel, C. and Sánchez-Alonso, S. Analyzing Associations between the Different Ratings Dimensions of the MERLOT Repository. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects* 7(2011), 1-9.
- [26] Ochoa, X. and Duval, E. Quantitative Analysis of Learning Object Repositories. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 2, 3 (2009), 226-238.
- [27] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S. and García-Barriocanal, E. Statistical profiles of highly-rated learning objects. *Computers & Education*, 57, 1 (2011), 1255-1269.
- [28] Cechinel, C., da Silva Camargo, S., Ochoa, X., Sicilia, M. and Sanchez-Alonso, S. Populating learning object repositories with hidden internal quality information. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Recommender Systems for Technology*

Enhanced Learning (RecSysTEL) (Saarbrücken, 2012). CEUR Workshop Proceedings.

[29] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., Sicilia, M.-Á. and Azevedo Simões, P. *Exploring the Development of Endorsed Learning Resources Profiles in the Connexions Repository*. Springer Berlin Heidelberg, 2011.

[30] Ochoa, X. and Duval, E. Relevance Ranking Metrics for Learning Objects. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 1, 1 (2008), 34-48.

[31] Cechinel, C., Sicilia, M.-Á., Sánchez-Alonso, S. and García-Barriocanal, E. Evaluating collaborative filtering recommendations inside large learning object repositories. *Information Processing & Management*, 49, 1 (2013), 34-50.

Virtual Learning Environment adoption and organizational change in Higher Education

Virginia Rodés

Departamento de Apoyo Técnico Académico, Programa de Entornos Virtuales de Aprendizaje, Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República

José E. Rodó 1854
Montevideo Uruguay
+59824080912
11200

virginia.rodés@cse.edu.uy

Alén Pérez Casas

Departamento de Apoyo Técnico Académico, Programa de Entornos Virtuales de Aprendizaje, Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República

José E. Rodó 1854
Montevideo Uruguay
+59824080912
11200

alen.perez@cse.edu.uy

Leticia Lorier

Facultad de Información y Comunicación
José Leguizamón 3666
Montevideo Uruguay
+598 2628 96 49
11200

leticia.lorier@fic.edu.uy

Natalia Correa

Facultad de Ciencias Económicas y Administración

Gonzalo Ramirez1926
Montevideo Uruguay
+598 2411 88 39
11200

ncorrea@ccee.edu.uy

Gabriel Budiño

Facultad de Ciencias Económicas y Administración

Gonzalo Ramirez1926
Montevideo Uruguay
+598 2411 88 39
11200

gbudino@ccee.edu.uy

José Fager

Departamento de Apoyo Técnico Académico, Programa de Entornos Virtuales de Aprendizaje, Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República

José E. Rodó 1854
Montevideo Uruguay
+59824080912
11200

jfager@cse.edu.uy

Manuel Podetti

Departamento de Apoyo Técnico Académico, Programa de Entornos Virtuales de Aprendizaje, Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República

José E. Rodó 1854
Montevideo Uruguay
+59824080912
11700

mpodetti@cse.edu.uy

ABSTRACT

The growing use of virtual environments in higher education results in the need to identify different management models that can guide their use in a manner consistent with institutional conditions.

To this end, a case-study interdisciplinary research project was conducted between 2011 and 2013. It focused on the analysis of management, from an organizational perspective, of the institutional change effected by the adoption of Moodle at the Universidad de la República.

The research methodology included qualitative and quantitative techniques to collect information: focused interviews, surveys and participatory work dynamics with teachers, students, government

officials and experts, as well as the analysis of documentary sources.

Conclusions were drawn regarding the perceptions of students, teachers and government officials, conclusions that make it possible to identify various management aspects and that contribute to the assessment of the impact of Moodle as a VLE (Virtual Learning Environment) at universities.

It was through the analysis and descriptive reading of the sources that it was possible to create the following conceptual categories: 1) Development of Human Resources; 2) Changes in Management and Organizational Structure; 3) Design and Implementation of Institutional Policies; 4) Technological Infrastructure; 5) Transformation of Education.

This research project makes it possible the understanding of the strengths and weaknesses of the process studied, and also to build

a conceptual perspective that is theoretically grounded, and on the subject at hand. Thus, important contributions can be made to the field and the practice.

The results obtained through this research are a significant antecedent and theoretical-methodological contribution for the diagnosis, design, planning and implementation of institutional strategies related to the adoption of Virtual Learning Environments in higher education.

Categories and Subject Descriptors

K.4.3 [Organizational Impacts]: Employment

General Terms

Management, Human Factors, Theory.

Keywords

Virtual Learning Environment, Organizational Change, Higher Education.

1. INTRODUCTION

Since 2000, the Universidad de la República has been working with the integration of Information and Communications Technology (ICT) in Education. This has led to the creation of the Virtual Learning Environment (EVA, its acronym in Spanish) in 2008, developed on Moodle. The initiative has had a major impact on teaching activities at University level after the widespread adoption of EVA by students and teachers. Nowadays, the Moodle platform at the Universidad de la República has a total of more than 100.000 users.

In 2011 the Programme of Virtual Learning Environments (PROEVA, its acronym in Spanish) was created at the Universidad de la República. PROEVA aims to promote the widespread use of Virtual Learning Environments at the Universidad de la República to support the extension of active education throughout the national territory. The short-term, mid term and long-term effects of the actions proposed in this programme will contribute towards the fulfilment of a growing demand in higher education, the improvement of the quality of education, the bridging of the digital and geographical divide, and the integration of university functions.

In this article we present the main findings of a research project [1] aimed at describing, organizing and comparing the characteristics of the organizational models of institutional change for the integration of Moodle as a Virtual Learning Environment at the Universidad de la República.

There are very few studies from the organizational perspective of educational and technological innovation in higher education in Latin America [2], [3], [4]. Furthermore, the models proposed are those of universities from Europe or the United States. Several studies on the processes of integration of ICT in universities [5] [6] analyse the changes in the internal dynamics: how university teaching is planned and developed, academic administration and student services, and research and dissemination activities. They show the decisions taken by university governing bodies that were necessary to reach the stage of habitual use of ICT at their institutions. They conclude that the introduction of ICT at university level has been conducted without strategic planning, and that its use has come as a result of external demand. Furthermore, they state that the use of ICT, particularly the Internet, is radically transforming the institutional dynamics of

universities: their structure, the way they plan and teach lessons, academic management and administration, and research and knowledge dissemination.

They highlight the need to identify tested models so as to guide strategic planning and decision-making, establishing levels of institutional leadership and also the perspective of the actors, so that innovation adapts to the idiosyncrasy and style of the institution.

Our research was conducted between 2011 and 2013. Its aim was to identify and analyse various aspects or dimensions of the process of adoption of Virtual Learning Environments at university level. Three schools were taken as case studies: the School of Social Sciences, the School of Economic Sciences and Administration and the School of Information and Communication.

Some of the dimensions analysed were:

- strategic decisions made by institutional actors in connection with the Programme of Virtual Learning Environments for the introduction and educational use of technologies,
- investments made in technological infrastructure and how this technology has been used,
- transformation of the corresponding academic services on account of the widespread educational use of the technologies,
- actions to raise awareness, to motivate and to train people in the use of technologies in education,
- degree of incorporation and acceptance by the different actors and the impact of the actions implemented,
- institutional organisation models for the incorporation of technologies at university level.

This study focused on the cases observed from the perspective of the main actors: teachers, students and other institutional actors that have participated in the process of adoption of educational technologies at university level.

The study had two main aims: the historicization of processes [7] and the impact on the institutional change [8] (at different levels: technological, educational and organizational). The historicization was conducted through in-depth interviews to identify the milestones and components of the process through an approach which enables actors to review practices [9]. The impact was analysed through surveys conducted among teachers and students, with the subsequent implementation of participatory work dynamics.

The data were analysed following the methodological approach of grounded theory [10]. It was through the analysis and descriptive reading of the sources that it was possible to create the following conceptual categories [11]: 1) Development of Human Resources; 2) Changes in Management and Organizational Structure; 3) Design and Implementation of Institutional Policies; 4) Technological Infrastructure; 5) Transformation of Education.

The knowledge generated provides development models, which makes it possible to transfer them to other universities in similar situations.

In the following section we present a characterization of the main components of the institutional and organizational change for the incorporation of virtual learning environments at university level.

2. A CONCEPTUAL MODEL FOR THE INTEGRATION OF THE EDUCATIONAL USE OF TECHNOLOGIES IN A UNIVERSITY SETTING

In this section we present a theoretical framework devised after analysing the data. It enables us to show the components of the organizational processes for the integration of the educational use of technologies, and specifically the adoption of Moodle as a virtual learning environment in a university setting.

The following components are identified:

1. Phases of the adoption process
2. Institutional actors
3. Institutional contexts
4. Infrastructure
5. Development of Human Resources
6. Academic transformation

2.1 Phases of the adoption process

Based on our analysis, we have identified three phases in the process of adoption of technological innovations, for which the following names are proposed [12]: Initial Phase, Generalization Phase and Institutionalization Phase.

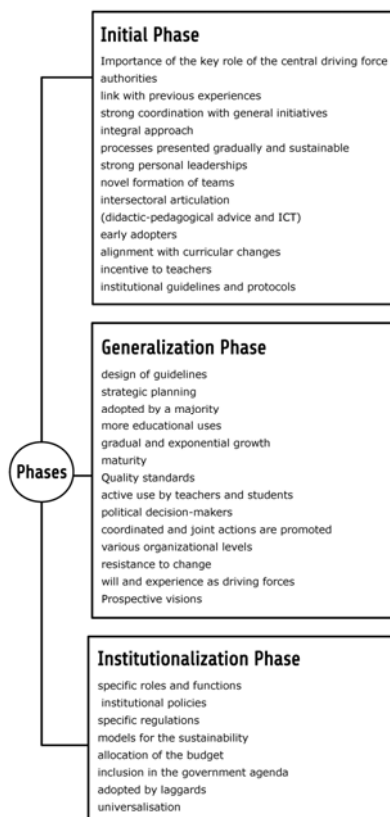


Figure 1. Phases of the adoption process.

2.1.1 Initial Phase

Importance of the key role of the central driving force at the university and of authorities. Success depends on the existence of a favourable link with previous experiences, and on a strong coordination with general initiatives from an integral approach (technological, educational and educational dimensions).

In this phase, processes are presented gradually and they are expected to be sustainable. There are strong personal leaderships and a novel formation of teams for technical and teaching support.

It is necessary to have the intersectoral articulation of educational settings (didactic-pedagogical advice, and advice and IT management). This stage is characterized by the adoption of the technology by the innovative and enthusiastic actors, called the "early adopters".

Successful experiences require a careful alignment with curricular changes and of educational practices. It is necessary to provide financial resources as an incentive to teachers, as well as to define institutional guidelines and protocols.

2.1.2 Generalization Phase

This stage is characterized by the design of guidelines and strategic planning. The topic goes from the setting of those who are innovative, enthusiastic and committed to the agenda of political decision-makers. Different coordinated and joint actions are promoted at various organizational levels. Innovations are adopted by a majority of actors, more educational uses are adopted and there is a gradual and exponential growth. Processes mature as of the standardization of criteria, the quality of contents and educational practices. The quality of the actions is measured by the increase in the active use by teachers and students.

Obstacles appear in the form of resistance to change, and the will and the accumulated experience of institutional actors act as driving forces. Prospective visions start to appear.

2.1.3 Institutionalization Phase

This phase is characterized by the formalization of specific roles and functions related to the management of integrated technological systems. Clear definitions of institutional policies are presented, in a search for economic, organizational and educational models for the sustainability of the innovations.

Resources are adapted to the demand and specific regulations are created. This is expressed in the allocation of the budget and the inclusion in the government agenda. This is the stage in which innovations are adopted by laggards, thus achieving universalization.

2.2 Actors

In the case of innovation processes at universities, we identify the following actors and changes related to them and with regard to the emergence of new roles, tasks, work models, integration of sectors traditionally unrelated, new models of institutional leadership and impact on institutional culture.



Figure 2. Actors of the adoption process.

2.2.1 Management teams

These are the people and groups who provide technological, organizational and educational support to the other actors in the institution so as to promote innovation. Their main aim is to be gradually recognized by recipients as agents that promote institutional change. It is important for them to be interdisciplinary and to be formed by different people (teams rather than only one person) and for them to gradually adopt a formal format (specific positions and functions) in the academic and technical structure of the institution.

2.2.2 New roles

New roles appear in terms of the new tasks and activities necessary for the adoption of technologies in higher education. Specifically, it is the teacher who incorporates new roles related to new tasks. The figure of the tutor and content creator appears, specially the multiplier agent among peers. Furthermore, roles related to Advice, Management and Systems Administration become significant.

2.2.3 Organization of work

The organization of academic work is affected, new tasks appear: management, administration, content and course creation, and services for student users. All of these require planning by teaching teams so that responsibilities can be allocated. Furthermore, previous tasks are redistributed. All this contributes to the internal movements of transformation of academic practices and of the ways in which teams relate to each other.

2.2.4 Sectors

Sectors that are traditionally unrelated, such as teams connected with pedagogic-didactical advice and technical and IT advice, begin to work jointly, exploring new potentials regarding human resources and institutional materials. Furthermore, academic and administrative sectors come together to attend to the demands posed by the virtualization of courses.

2.2.5 Leadership

Institutional leadership flows in new and innovative patterns. There are not only top-down models (government, authorities) but rather the academic sector appears, and the teachers become crucial: innovative teachers become referents and, from their enthusiastic and committed practice, exert their influence, thus

affecting, in a longitudinal way, institutional structure and practices.

2.2.6 Institutional culture

Tensions between obstacles to transformation and facilitators appear in the dialogue between the institutional culture and the innovation process. Institutional style, tradition, educational model, inertia and resistance to change, all are expressed through the specific symbolic tensions of the old/new and old/young polarities.

2.3 Contexts

Contexts are the physical environments or conditions where actors perform the actions according to the roles they have been allocated.

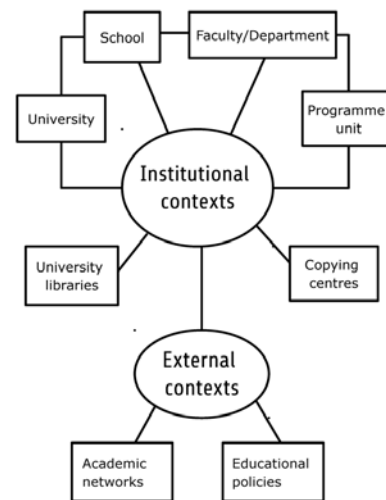


Figure 3. Context of the adoption process.

2.3.1 Institutional contexts

Spaces of relevance and action within the university institution.

- University: Higher education/university institution which includes several schools, research centres, learning centres, departments, offices, among others, and where academic degrees are awarded: graduate and postgraduate degrees respectively.
- School: group of schools, departments and institutes joined under the same representation.
- Faculty/Department or Area: the space where the group of areas within the academic structure is represented.
- Programme unit within a given plan of studies.
- University libraries devoted to the purchase, conservation, study and exhibition of books and documents for the university community.
- Copying centres, in charge of copying educational materials, guides and teaching notes, books, in the cases analysed related to student centres.

2.3.2 External contexts

- National, regional and international academic networks: an academic network can be conceived as a mechanism of support and exchange of information, supported by a community of horizontal communication, whose base is a social network. It is there that there is a synergy, through the interactions among links, dynamics, common interests and meeting points (nodes), so as to create knowledge and join in the search or creation of solutions for a given topic or problem. Its importance lies in that fact that it allows academicians to work with flexibility and cooperatively through integration in academic, scientific, technical, social and cultural development in a community, team, group or region. It can be formed by institutions, secretariats, research centres, thus facilitating the exchange of information, knowledge, as well as promoting reflection processes.
- Educational policies: policies that are promoted by the State and from other national settings to boost education.

2.4 Academic Transformation

The impact of the integration processes of technologies within the framework of university transformation. Technology as support for the generalization of higher education and its educational use.

Here we include the new ways of teaching in the dimension Course Modalities (blended and distance) and the participation of EVA and its use for lifelong education, Postgraduate and Graduate courses, and Virtual Tutorships.

Regarding the Educational Use, we analyse dimensions related to Student Use, Teacher Use (transformations in teaching practices, types of use [Repository of materials, Use of Forums, Participation in Forums, Use of Chat Rooms] and the Assessment made by the actors regarding the educational use of EVA.

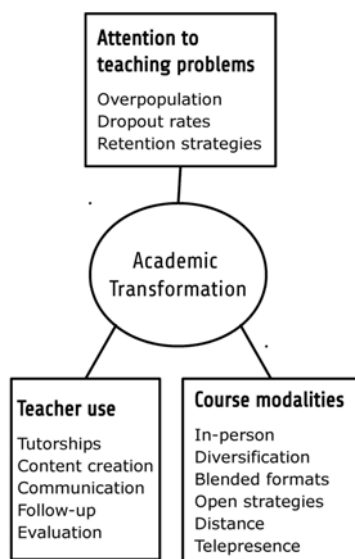


Figure 4. Academic transformations

2.4.1 Attention to teaching problems

The use of technologies as a tool to overcome Teaching Problems (overpopulation, dropout rates and retention strategies).

2.4.2 Teacher use

The modalities which teachers can adopt to use technologies: tutorships, content creation, communication with students, follow-up and evaluation. These new modalities have an impact on the educational relationship.

2.4.3 Course modalities

The transformations in course modalities, the change from in-person to the use of technologies that support teaching, the diversification of teaching modalities, blended formats, to open strategies, distance modalities and telepresence.

2.5 Development of Human Resources

It includes the actions to train, raise awareness and support provided by the institution to promote the development and creation of skills in human resources connected to innovation, teachers, students, administrative staff and leaders.

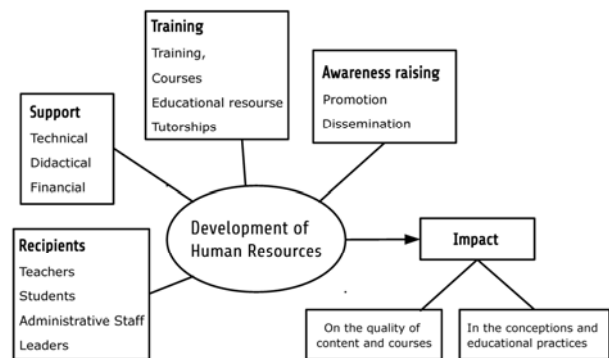


Figure 5. Development of Human Resources.

2.5.1 Training

This refers to the actions taken in the institutions to educate and train the actors, thus favouring the adoption of the necessary educational strategies to deal with innovations through the use of technology. It includes training, creation of courses and educational materials and tutorships.

2.5.2 Awareness raising

It involves dissemination and awareness-raising of the initiative on a broad level, through the media (internet, social networks) as well as face-to-face (talks, conferences), together with key stakeholders in the institution, in order to motivate and involve all actors in the creation, use, promotion and adoption of technological innovations, as well as the benefits and opportunities they provide.

It must be noted that the dissemination of innovative and/or technological matters requires different means and modalities so as to promote the adoption of the initiative, as there might be a number of people that are not related to the specific field.

2.5.3 Support

This refers to several technical support actions (IT, design, etc.) and pedagogic (didactical) support actions implemented in the institution to support the actions of the actors involved. It is here where potential financial, social and political incentives are incorporated, offered by the institution to provide sustainability and visibility to the actors' initiatives.

2.5.4 Recipients

The recipients of the actions of training, awareness raising, advice and support are, in the case of higher education institutions, are Teachers, Students, Administrative Staff, as well as the actors that hold institutional and government leadership positions.

2.5.5 Impact

The impact of the actions of training, awareness raising, support and advice can be seen, on the one hand, in the quality of contents and courses, and on the other hand, in educational philosophy and practices.

2.6 Infrastructure and use of technologies

Technological infrastructure includes technological Resources, their management, support, maintenance and investments, as well as the use of technology (Access and educational Use).

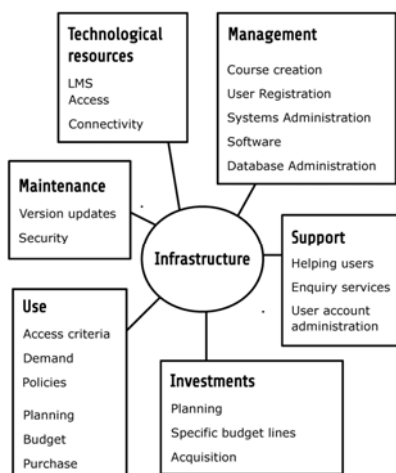


Figure 6. Infrastructure and use

2.6.1 Technological resources

They are the set of tools to support educational process (LMS, administrative processes and their selection policies and criteria) and their existence, access and connectivity.

2.6.2 Management

These are tasks such as Course creation, User Registration, Systems Administration, Software and Database Administration.

2.6.3 Support

All the activities that include helping users, enquiry services and services of user account administration.

2.6.4 Maintenance

Update of version and IT security, and servers.

2.6.5 Use

Definition of access criteria, building the demand to adapt resources to institutional needs. Design of specific policies for technology management: planning, budget allocation and processes of selection and purchase of technologies.

2.6.6 Investments

Short-term and long-term investment planning, planning of specific budget lines, development and/or acquisition of technologies.

3. CONCLUSIONS

This research project makes it possible the understanding of the strengths and weaknesses of the process studied, and also to build a conceptual perspective that is theoretically grounded, and on the subject at hand. Thus, important contributions can be made to the field and the practice.

The results obtained are a significant theoretical-methodological contribution for the diagnosis, design, planning and implementation of institutional strategies related to the adoption of a Virtual Learning Environment in Higher Education.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work was made possible by funding from the Sector Committee for Scientific Research (CSIC) Universidad de la República, R & D Program, 2010, Uruguay.

Our thanks to RIURE (CYTED 513RT0471 - Red iberoamericana para la usabilidad de repositorios educativos) for allowing us to continue and improve the research described in this work.

5. REFERENCES

- [1] Rodés, V. (2013). Informe Técnico, Proyecto "Análisis de procesos de cambio organizacional para la incorporación del uso educativo de TIC en la Universidad de la República" PROYECTOS I+D LLAMADO 2010 CSIC
- [2] Bacigalupo Acuña, C. Montaña, V. (2005). "Modelo de incorporación de tic en el proceso de innovación docente para la implementación de un b-learning". *Didáctica, Innovación y Multimedia*, N. 11 (2008) p. 0-0 ISSN 1699-3748. Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/dim/16993748n11a2.pdf>
- [3] Luz Osorio, María Aldana, (2008). "Diseño de lineamientos para la formulación de planes estratégicos de incorporación de TIC en IES colombianas". En: *Redes, comunidades de aprendizaje y tecnología móvil*, Universidad Del Norte, p.20 - 40, v.1, fasc.1. Disponible en: <http://www.ribicol.org/nueve/ponencias/74.pdf>
- [4] UniTIC. MECESUP AUS0307 (2009). Disponible en: <http://www.unitic.cl/2009/08/mecesup-aus0307>
- [5] Duarte, J. M., Lupiáñez, F. (2005). "E-strategias en la introducción y uso de las TIC en la universidad". En: Duarte, J. M.; Lupiáñez, F. (coords.). *Las TIC en la universidad: estrategia y transformación institucional* [monográfico en línea]. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 2, núm. 1. UOC. [Última consulta: 28/10/2009]. Disponible en:

- <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/duart0405.pdf>. ISSN 1698-580X
- [6] Bates, A. W. (Tony). (2000). *Managing Technological Change: Strategies for college and university leaders*. 235 pages. San Francisco: Jossey-Bass. ISBN 0 7879 4681 8
- [7] Bennett, T; Frow, J. (2008) *Sage handbook of cultural analysis*. Los Angeles : Sage. ISBN: 9781848608443 1848608446 9781446206805 1446206807
- [8] Fernández, Lidia M. (1995). *Instituciones educativas: dinámicas institucionales en situaciones críticas*. Paidós.
- [9] Carr, W.; Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación- acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- [10] Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- [11] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1999). *Qualitative data analysis*. SAGE.
- [12] Rodés, V. et al. *Strategies for Implementing the Adoption of Open Textbooks Initiatives: State of the Art Review*. IJEEEEE 2013 Vol.3(1): 51-56 ISSN: 2010-3654 DOI: 10.7763/IJEEEEE.2013.V3.192

Uso de repositorios de recursos educativos digitales para la enseñanza universitaria

Virginia Rodés Paragarino
Universidad de la República
José E. Rodó 1854
Montevideo, Uruguay
00598-24080912
virginia.rodés@cse.edu.uy

Adriana Gewerc Barujel
Universidad de Santiago de
Compostela
Rúa Xosé María Suárez Nuñez.
CP15782.
Santiago de Compostela, España.
0034 -981 563 100
adriana.gewerc@usc.es

Martín Llamas Nistal
Universidad de Vigo
EE Telecomunicación. Campus
Universitario s/n
36310
Vigo, España
0034 98 812171
martin@uvigo.es

ABSTRACT

Repositories of digital educational resources have reached a significant level of development and diversification in the last decade, to the point of becoming a central component in higher education transformation.

Millions of educational resources are available at local and global levels, in repositories and content aggregators. The process of content creation, publishing and distribution have been modified in their patterns and increased its potential and impact. The educational material produced in many different contexts is able to improve the conditions of teaching and learning, helping to expand equitable access to relevant sources of knowledge and Higher Education.

This paper presents a research which seeks to know which are the dimensions of the adoption of repositories of educational resources by scholars from Latin America; how this adoption is overlaps in teaching practices and which subjective, contextual, institutional, curricular and instructional factors are involved in the different types of use.

Methodological approach of the study is qualitative, seek to achieve content from the perspective of actors' discourse. Also seek to contribute to the development of the so-called digital ethnographic methods, which use internet and digital technologies for the collection and analysis of research data

It is expected that the substantive theory generated under this study will contribute to the specification of new requirements so as to improve the design and development of technology related to the field of digital repositories of educational resources, expanding equitable access to relevant sources of knowledge.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 Computer Uses in Education.

General Terms

Human Factors

Keywords

Repositories; Educational Resources; Adoption; Higher Education; Digital Ethnographies; Requirements Engineering.

1. INTRODUCCIÓN

Los repositorios de recursos educativos digitales han alcanzado un grado de desarrollo y diversificación considerable en la última década, al punto de convertirse en componentes centrales en el proceso de transformación de la educación superior [1] [2] [3]

Millones de recursos educativos son puestos a disposición con mayor o menor grado de apertura para los profesores y estudiantes a nivel local y global, en repositorios y agregadores de contenidos tales como los LMS, repositorios institucionales de acceso a la información científica, repositorios de libros digitales, repositorios de objetos de aprendizaje, repositorios multimedia, referenciadores, entre otros [4] [5]

Los procesos de creación de contenido, publicación y distribución, por su parte, se han visto modificados en sus modalidades e incrementados en su potencial e impacto [6] [7]

El material educativo producido en los más diversos contextos constituye un potencial capaz de las condiciones de enseñanza y aprendizaje, contribuyendo a ampliar el acceso equitativo a las fuentes relevantes de conocimiento y a la educación superior.

En el artículo se presenta una investigación en curso¹ orientada al estudio de los usos de los repositorios de recursos educativos digitales en el marco de la educación superior.

En la Sección 2 se presentan los principales problemas vinculados al estado del arte en la apropiación y uso de repositorios educativos. La Sección 3 introduce los núcleos de problemas más relevantes en relación a la usabilidad de repositorios educativos. Posteriormente, en la Sección 4 se presenta el abordaje metodológico que orienta el análisis del uso de repositorios de recursos educativos digitales para la enseñanza universitaria,

¹ Tesis de Doctorado "Uso de repositorios de recursos educativos digitales para la enseñanza universitaria". Doctorado en Equidad e Innovación en Educación, Universidad de Santiago de Compostela. Curso 2014.

mientras que en la Sección 5 se propone la integración de los resultados de investigación a la especificación de requerimientos de repositorios educativos. Finalmente, en la Sección 6 se describen los principales resultados esperados.

2. APROPIACIÓN Y USO DE REPOSITARIOS EDUCATIVOS

Tradicionalmente se asocia al concepto de repositorio a los repositorios y referenciadores de objetos de aprendizaje [8] (Learning Object Repository – LOR).

Sin embargo, debido a la falta de claridad del concepto de objeto de aprendizaje y su conceptualización más actual como recurso educativo [9], se ha ampliado lo que puede ser concebido como repositorio de recursos educativos [10].

Así, iniciativas tales como los Open Courseware (OCW) proporcionan material digital organizado en base a cursos abiertos. Los denominados Entornos Virtuales de Aprendizaje (Learning Content Management Systems - LCMS) también almacenan una gran cantidad de recursos educativos que se comparten en una pequeña comunidad de profesores y estudiantes de un curso. Incluso si no están abiertos, estos sistemas también se pueden considerar como repositorios. También pueden incluirse repositorios de contenidos educativos multimedia, repositorios de libros de texto digitales. Finalmente cualquier tipo de biblioteca digital, como repositorios institucionales, donde se puede almacenar recursos educativos y publicaciones científicas, también se podría considerar bajo esta definición [10].

Comprendemos entonces con el término Repositorio de Recursos Educativos a “cualquier sistema que almacena material de aprendizaje digital y que ofrece algún tipo de indexación e interfaz de búsqueda o navegación de esos materiales” [10].

Aún existe escasa evidencia empírica que permita dar cuenta de los tipos de apropiación y uso de los repositorios educativos, así como de la adecuación de la concepción subyacente al diseño y desarrollo de repositorios de recursos educativos en relación a las prácticas efectivas de los usuarios. Son escasos los estudios que se orienten a dar respuesta a la pregunta de cuánto y de qué modo la promesa del potencial del uso de repositorios educativos se ha traducido en una realidad.

Algunos abordajes de tipo cuantitativo relevan principalmente métricas relacionadas a los procesos de publicación de recursos educativos. De ellos el más relevante es el de Ochoa [10] el cual encuentra que hay reglas de utilización que se cumplen en los repositorios. Por ejemplo, hay pocos repositorios de gran tamaño, y estos son los que contienen el mayor número de recursos educativos. Su crecimiento es lineal, identificándose dos fases, una inicial caracterizada por un lento crecimiento (que dura alrededor de uno a tres años) y una fase de maduración, en las que los repositorios usualmente crecen en número de contribuciones.

Uno de los hallazgos más relevantes para este estudio es lo que Ochoa denomina “participación desigual”, identificando diferentes tipos de contribución por parte de los usuarios dependiendo del tipo de repositorio. Así, en los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (Learning Object Repositories – LORP) y los Referenciadores de Objetos de Aprendizaje (Learning Object Referatories – LORF) la mayor parte de las publicaciones provienen de poco individuos. En los denominados Open Courseware (OCW) y en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (Learning Management Systems – LMS), en cambio, todos los usuarios contribuyen en un rango medio. En los repositorios

institucionales la mayoría del contenido es publicado por usuarios que contribuyen con 1 o 2 recursos.

El estudio de Ochoa también aporta elementos relevantes respecto a la adopción de los repositorios por parte de los usuarios y el tiempo en que éstos permanecen ligados al mismo, constituyendo una característica significativa de los repositorios y un elemento de diferenciación. Según el estudio mencionado, la principal diferencia entre los tipos de repositorio radica en el modo en que el tiempo de vida del contribuyente se distribuye. Para los OCW y LMS, el tiempo de vida de la mayoría de los usuarios es más largo que para LORPs y LORFs. En el caso de los RI, la mayoría de los contribuyentes sólo publican una vez.

Este comportamiento desigual por parte de los usuarios en relación al tipo de repositorio abre interrogantes aún no resueltas sobre las posibles causas, en lo que respecta a dimensiones de análisis vinculadas a las culturas institucionales y profesionales, a aspectos del orden de lo curricular y didáctico, entre otros.

Uno de los argumentos más significativos en torno al desarrollo de tecnologías vinculadas a los repositorios de recursos educativos se sustenta en los beneficios de la potencial reutilización de recursos. Se ha descrito lo que se denomina Economía de los Objetos de Aprendizaje [11] [12] [13], donde se comparte material de aprendizaje, para volver a utilizarse y mejorarse. El resultado previsto de esta economía es el acceso más amplio y más barato a recursos educativos de calidad. Así también el concepto de ecosistema digital [14] ha comenzado a ser utilizado para describir ambientes de producción, reutilización y adaptación de contenido.

A pesar del sustento de estas bases teóricas, una total adopción de las prácticas de reutilización aún no se ha materializado entre los profesores [15]. En su estudio Ochoa [10] da cuenta que el porcentaje de los recursos educativos que se reutilizan en una colección dada es de alrededor de un 20%. Esta reutilización parece ser la misma para los recursos de diferentes tipos de colecciones y tamaños. Los fundamentos de estas prácticas pueden tener razones que el estudio que nos proponemos puede contribuir a comprender.

En la línea de estudio de los procesos de reutilización y adaptación, Petrides [16] realiza un análisis cuali-cuantitativo en el que explora el alcance y la naturaleza de las prácticas de reutilización, o aquellas prácticas que involucran mezcla o adaptación de recursos educativos abiertos (Open Educational Resources – OER) con nuevos fines. Al examinar las razones que los autores proporcionaron para cambiar el contenido, el análisis reveló siete categorías principales de reutilización: 1) cambios técnicos y visuales, 2) edición general, 3) cambios relacionados con la colaboración, 4) cambios en los metadatos, 5) modularización, 6) traducciones, y 7) otros comportamientos de reutilización diversos. La creación de nuevas versiones a través de cambios técnicos y visuales emergieron como el comportamiento reutilización prevalente entre los autores. Este estudio constituye un antecedente relevante cuyos hallazgos merecen ser retomados y profundizados a fin de comprender los factores contextuales y subjetivos que operan en las prácticas de reutilización.

Los recursos educativos poseen lo que se denomina “ciclo de vida” [17], [18] que involucra procesos de: creación, etiquetado, publicación, selección, uso y reutilización. Existen dimensiones organizacionales e institucionales, dinámicas del orden de lo pedagógico, didáctico y curricular, así como factores subjetivos que impactan en dichos procesos. En todos ellos intervienen actores sociales (creadores, colaboradores, consumidores y

formuladores de políticas públicas, entre otros), así como factores que operan como impulsores (el conocimiento, la productividad, la competencia, formación, infraestructura), facilitadores (tecnologías educativas, diseños, estándares) y mediadores (recursos, políticas, percepciones) en el marco de una economía de los recursos educativos [19].

Así, por ejemplo, el proceso de creación influyen aspectos tales como el estímulo institucional, la motivación de los profesores, los aspectos económicos (salarios, costos, equipamiento). Conocer de qué modo y cuánto operan estas dimensiones en los procesos de creación, etiquetado, publicación, selección, uso, reutilización de los recursos educativos es, aún, un territorio a ser explorado en profundidad.

3. PROBLEMAS DE USABILIDAD DE REPOSITORIOS EDUCATIVOS

Entre los campos de problemas vinculados a la usabilidad de los repositorios de recursos educativos más relevantes (pues involucra la relación entre los usuarios y los repositorios) se encuentra la carga de metadatos, que dependen solamente del trabajo humano y no son suficientes para encargarse de la enorme cantidad de recursos existentes hoy en día. Para el usuario creador se convierte en una tarea engorrosa que conduce a que los metadatos no se incorporen al recurso digital al momento de su publicación. Esa situación ha hecho aumentar la preocupación sobre el desarrollo de métodos para la extracción automática de metadatos dentro de los repositorios [20].

Por otra parte, los metadatos utilizados no conducen a que éstos sean fácilmente buscados y encontrados, ni tampoco son preciso [21] [22]. Se observa una debilidad importante en los estándares de metadatos de tipo pedagógico, que no describen aspectos relevantes para el área educativa [9] [23]. Suelen describir al recurso educativo en sí mismo, sus características intrínsecas, pero no capturan datos relevantes como ser la secuenciación pedagógica, la combinación con otros recursos, los aspectos de contexto y situación educativa de utilización, entre otros. Se ha trabajado en la utilización de semánticas [24] para la obtención de este tipo de información, y es un campo a profundizar.

Otro núcleo de problemas se sitúa en la evaluación de calidad de los recursos, usualmente realizados a través de la recogida de información estructurada en base a capital social, opiniones de expertos y usuarios en el marco de comunidades y redes. No obstante, suelen radicar en procesos estructurados de recogida de información (encuestas, por ej.). El transitar hacia modelos de medición de calidad no estructurados permitiría el establecimiento de rankings, recomendación y búsquedas más eficientes.

4. UN ESTUDIO CUALITATIVO DEL USO DE REPOSITORIOS DE RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

La investigación que se presenta busca conocer cuáles son las dimensiones de la adopción de los repositorios de recursos educativos por parte de docentes universitarios; cómo se imbrica su utilización en las prácticas de enseñanza y qué factores subjetivos, contextuales, institucionales, culturales, curriculares, didácticos (entre otros) intervienen para la utilización, o no, de los repositorios de recursos educativos, así como de los distintos tipos de uso que se realizan en el marco de las prácticas de enseñanza por parte de docentes universitarios.

Por otra parte, se espera profundizar en el conocimiento de las prácticas y modalidades de creación, publicación, compartición y reutilización de recursos educativos por parte de docentes universitarios en el marco del uso de repositorios educativos.

El enfoque epistemológico se sitúa en una concepción de construcción social de los sistemas tecnológicos [25] [26] [27] [28] [29]. El papel de la dimensión social en el desarrollo e implementación de los sistemas de información constituye un objeto de análisis que asume múltiples enfoques y niveles de profundidad. Interesa profundizar en el papel de la dimensión social en los procesos construcción y apropiación de los sistemas tecnológicos. Según este marco conceptual, es el de las interacciones comunicativas entre los sujetos [30], donde se construye la realidad social y se produce la socialización. Tanto los aprendizajes como el diseño de innovaciones sólo se producen en comunidades. Lo que hace que una comunidad se constituya en núcleo innovador está relacionado con factores asociados fuertemente a la cotidianidad [28].

Resulta relevante analizar las posibilidades que brinda la tecnología a la Universidad, desde un punto de vista integral e identificar las acciones exitosas que se toman para integrar a las tecnologías a la práctica y a la organización. Es de particular interés verificar en qué medida la integración de las tecnologías responden a una finalidad estratégica o a una respuesta reactiva [29], así como analizar la relación entre la tecnología, la estructura y los sistemas.

El abordaje metodológico del estudio será de tipo cualitativo [33], buscará permearse de los contenidos desde la perspectiva del discurso de los actores [34], docentes universitarios. Implica la construcción de una mirada integral del problema investigado que toma como punto de partida las palabras con las cuales las lógicas, concepciones y prácticas son nombradas por los actores, constituyéndose en analizadores ad hoc, o desde adentro de la situación analizada [33]. Se intenta capturar los datos sobre las percepciones de los actores "desde adentro", a través de un proceso de atención profunda, de empatía y comprensión, suspendiendo ideas preconcebidas sobre los temas en discusión. Los datos, desde esta perspectiva, están constituidos por palabras como se presentan en el discurso. Identificamos al discurso como "[...] una unidad observacional, es decir, la unidad que interpretamos al ver o escuchar una emisión". Identifica que hay "[...] una diferencia entre un discurso como tipo y una emisión discursiva como ocurrencia. Sólo esta última es un "evento" empírico inmediato en un contexto particular y único." [34] En esta investigación identificaremos el concepto de discurso aludiendo a esta última noción.

Desde esta perspectiva es fundamental la articulación con el contexto y la situación social en la que se encuadra el discurso. Así, "junto con la verdadera estructura del discurso, es decisivo el análisis de la situación social. [...] debe recordarse que un oyente debe tener una representación cognoscitiva parcial del tipo de contexto, del marco social utilizado [...], la categoría de los participantes (en el habla), las diversas reglas o convenciones del contexto y del marco, finalmente, el momentáneo estado de interacción con el hablante". El "contexto social será entendido como una abstracción de la situación social real en la que la gente habla. Contiene todas las propiedades socialmente pertinentes de la interacción. El contexto social (de la comunicación verbal) sólo incluye aquellas propiedades sociales de la interacción que sean pertinentes a la producción y la interpretación, el funcionamiento y los efectos, etc., del discurso o la conversación" [34].

Es importante diferenciar entre situación social y contexto dado que "A diferencia de la situación social, el contexto no es algo 'externo' o visible, o 'fuera de los participantes, sino algo que construyen los participantes como representación mental" [35]. "Entender los contextos como representaciones mentales explica muchos aspectos del discurso y de la comunicación, como la percepción personal y variable de la situación por cada uno de los participantes, los conflictos sobre la interpretación de la situación, la noción fundamental de relevancia, y los procesos mentales de la producción y de la comprensión del discurso."

El enfoque metodológico pretende contribuir al desarrollo de los denominados métodos etnográficos digitales [36] [37] que hacen uso de tecnologías de internet y digitales para la recolección y análisis de datos de investigación. A pesar de que este tipo de soporte metodológico existe desde hace más de una década, aún no ha logrado ser generalizado en las prácticas de investigación cualitativa [38]. Buscaremos que esta investigación suponga, además, una contribución a la innovación metodológica en el campo cualitativo, aportando a la consolidación del uso de tecnologías digitales para la investigación social. Es así que el diseño de instrumentos de recolección de datos y la identificación de fuentes documentales estará determinada por su disponibilidad a través de los recursos de internet. Entre los posibles recursos a utilizar se encuentran conferencias web, chat, videoconferencias, foros, entre otros. Se espera que a partir de la utilización de este tipo de recursos puedan obtenerse narrativas digitales [39] [35], relatos por parte de sujetos concebidos como portavoces o representantes sociales de los grupos y comunidades de usuarios identificados.

La lectura atenta de las fuentes permitirá por un lado aislar ciertos temas y expresiones que den cuenta de la terminología y los modos de nombrar la temática por parte de los involucrados, así como su evolución y dinámicas. Ese proceso conducirá, en paralelo, a la construcción de un muestreo teórico, partiendo de la selección de los contenidos más relevantes para la comprensión del problema de investigación desde la perspectiva escogida, permitiendo la construcción paulatina de un corpus de datos.

Para realizar el análisis de los textos se utilizará software de análisis cualitativo, de utilidad para facilitar el abordaje de la complejidad del análisis así como la visualización e identificación del material en el marco del proceso de codificación². Para la codificación se tomará como unidad de análisis el párrafo, centrándose en el tema o tópico principal, sustentado en que las palabras de los actores presentan descripciones densas [42] en relación a las preguntas de investigación.

La identificación de segmentos se realizará en forma de codificación abierta, es decir, centrándose en la idea principal y no partiendo de temáticas preestablecidas. De esta forma la codificación se apoyará en las expresiones o palabras de los actores, usando éstas como código³ [33]. La fase posterior

² . Codificación es el proceso analítico a través del cual el dato es fragmentado, conceptualizado e integrado luego bajo forma de teoría [41]

³ Un código es una abreviación o un símbolo atribuido a un segmento del texto, una frase o un párrafo de la transcripción, en vista de una clasificación. Los códigos son categorías [43], surgen generalmente de las interrogantes de investigación, hipótesis, conceptos clave o temas importantes. Son herramientas de recubrimiento y de organización, permitiendo

implicará la identificación de los códigos temáticos, los cuales emergen a partir de un conjunto operacional de códigos razonablemente claro describiendo los fenómenos y acontecimientos que figuran en las transcripciones, transitando a un nivel más general y más explicativo, comprendiendo los patrones, las recurrencias, las explicaciones y las regularidades [28]. Esta fase finaliza con la saturación teórica.

La siguiente fase del análisis se orientará a la construcción de categorías entendiendo éstas como conceptos creados con el fin de comprender la idea central, permitiendo visualizar una acción, un proceso, un incidente o una lógica que son develadas en los datos [33].

El momento de la elaboración de conclusiones implica la presentación de una teoría derivada de los datos, que emerge a partir de ellos [43] a través de pasos previos en los que estos datos han sido recolectados, descriptos, analizados y ordenados conceptualmente en sucesivas etapas de teorización. Si la etapa de descripción es la de la identificación del lenguaje que usan las personas, las palabras, metáforas, emociones y sensaciones con las cuales los actores refieren a los fenómenos vinculados a una determinada situación; la etapa de ordenamiento conceptual es aquella que implica una organización y clasificación de los datos de acuerdo a las categorías emergentes, sus propiedades y dimensiones. Ambas etapas incluyen sucesivos momentos de teorización, de construcción de conceptualizaciones, intuiciones, ideas, que, en diálogo con los datos, van construyendo una perspectiva con lógica propia sobre el fenómeno analizado. Según la Teoría Fundada, lo que llamamos "teoría está fundada en el interjuego con el dato sistemáticamente recogido mediante muestreo teórico y analizado haciendo constantes comparaciones, interrogando mediante preguntas teóricamente orientadas, con codificación teórica (abierta, axial y selectiva), y partir de allí, desarrollo de la teoría en articulación permanente con el análisis del dato y hasta llegar a la saturación teórica de las categorías resultantes del análisis." [36].

Teorizar es entonces un trabajo que implica no solo concebir o intuir ideas (conceptos) sino también formularlos en un esquema lógico, sistemático y explicativo [43]. En el marco de este esquema teórico metodológico, lo que se elaborará será teoría sustantiva, esto es, que puede ser aplicada solamente al área que ha sido analizada. Es importante destacar que potencialmente se podrán desarrollar nuevos procesos de contrastación validación del esquema teórico con actores, inclusión de nuevos casos, personas o grupos.

5. MÉTODOS ETNOGRÁFICOS APLICADOS A LA INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS

Frecuentemente se afirma que existe desconexión entre los mundos de la investigación educativa y el del desarrollo de tecnologías educativas [44] [8] [9]. Esto contribuye a que existan desarrollos tecnológicos que buscan dar respuesta a problemas pedagógicos inexistentes o mal formulados [45], así como aplicaciones de tecnologías educativas que no cuentan con investigación educativa que responda a las preguntas derivadas de su implantación en el ámbito educativo [10] [16]

al analista identificar rápidamente, extraer luego y reagrupar todos los segmentos ligados a una interrogante, hipótesis, concepto o tema dados.

Uno de los aspectos más innovadores de la investigación que se propone se sitúa en la aplicación que se espera realizar de la teoría sustantiva en la formulación de especificaciones de requisitos de software, orientados a la mejora de los desarrollos tecnológicos en el área de repositorios y recursos educativos digitales.

La especificación de requisitos [46] en el ámbito de la ingeniería constituye una parte integral del ciclo de desarrollo de software. La base para el éxito en el desarrollo de software depende de comprender las necesidades y demandas de los usuarios en primer lugar. La ingeniería de requisitos implica una serie de procesos de recopilación de requisitos, de acuerdo con las necesidades y demandas de los usuarios y otras partes interesadas en el producto de software, a partir de la aplicación de técnicas y metodologías específicas.

Existen antecedentes de utilización de métodos etnográficos en el marco de ingeniería de requisitos, cómo medio para discernir las necesidades que se deben cumplir desde el software. Permite una recogida de datos sobre calidad, facilidad de uso y eficiencia determinantes para el éxito de un proyecto de software [47].

6. RESULTADOS ESPERADOS

Se trata de una investigación visagra en tanto pone en diálogo dos campos disciplinares y culturales que no suelen estar en contacto, facilitando por un lado, la apropiación de los resultados de la investigación educativa a los procesos de I+D+I del área de software y sistemas; y por otro, busca que la investigación educativa contribuya a responder preguntas derivadas de la I+D+I tecnológica y de la aplicación de sus productos en el ámbito social y educativo.

Se espera que los resultados de esta investigación constituyan una contribución al campo teórico de la educación y de las tecnologías educativas. En particular, a la comprensión de los procesos de adopción de tecnologías educativas en general y de los recursos y repositorios educativos digitales en particular; las transformaciones organizacionales, institucionales, curriculares, didácticas y de las prácticas educativas que devienen de dichos procesos, así como la identificación de actores, contextos y procesos involucrados.

Por otra parte, se espera lograr una contribución relevante al conocimiento de las prácticas y modalidades de creación, publicación, compartición y reutilización de recursos educativos por parte de docentes universitarios en el marco del uso de repositorios educativos.

En lo que respecta al impacto social y económico en áreas estratégicas, en el área estratégica de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, esta investigación resultará un aporte a la comprensión de los procesos de adopción de tecnologías, y su apropiación utilitaria en el ámbito de la Educación Superior. También, contribuirá a la mejora de las tecnologías educativas estudiadas, a partir de la especificación de nuevos requerimientos y su validación.

Constituye un aporte relevante al campo de la investigación educativa, tanto desde el punto de vista teórico como metodológico. La comprensión de los aspectos sociales y educativos vinculados a la apropiación de tecnologías por parte de los docentes es un área de estudios relacionada con la innovación educativa que posee tradición y antecedentes. La integración de tecnologías a la educación es un componente esencial de las prácticas de enseñanza en la actualidad, e implica un impacto

significativo en la transformación de los procesos de creación, publicación y creación de material didáctico.

En particular, las tecnologías de repositorios educativos suponen en los más recientes desarrollos un escenario de transformación institucional de la Educación Superior con impactos aún no estudiados en profundidad. En particular es relevante en la medida que los dispositivos estudiados se orientan a la mejora en el acceso a las fuentes relevantes del conocimiento y a la educación superior.

7. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a: RIURE (CYTED 513RT0471 - Red iberoamericana para la usabilidad de repositorios educativos); Proyecto LATIn (DCI-ALA/19.09.01/11/21526/279-155/ALFA III(2011)-52); LACLO (Comunidad Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje).

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España mediante el proyecto "Methodologies, Architectures and Standards for adaptive and accessible e-learning (Adapt2Learn)" (TIN2010-21735-C02-01).

8. REFERENCIAS

- [1] Didriksson, Axel; Gazzola, Ana Lúcia, ed. y Didriksson, Axel, ed., *Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe*, IESALC-UNESCO. Caracas: Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, 2008.
- [2] New Media Consortium and the EDUCAUSE Learning Initiative, *The NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. Austin, Texas: New Media Consortium, 2013.
- [3] L. Yuan y S. Powell, «MOOCs and open education: Implications for higher education», *Cetis White Paper*, 2013.
- [4] J. M. Pawlowski y Hoel, T, «Open educational resources and social software in global e-learning settings», *Sosiaalinen Verkko-oppiminen*. IMDL, Naantali, p. 8, 2012.
- [5] S. Carson, S. Kanchanaraksa, I. Gooding, F. Mulder, y R. Schuwer, «Impact of OpenCourseWare Publication on Higher Education Participation and Student Recruitment.», *International Review of Research in Open & Distance Learning*, vol. 13, n.o 4, 2012.
- [6] George Ritzer, Paul Dean, y Nathan Jurgenson, «The Coming of Age of the Prosumer», *American Behavioral Scientist*, vol. vol. 56 no. 4, pp. 379-398, abr. 2012.
- [7] Bruns, Axel, «From Prosumer to Prosumer: Understanding User-Led Content Creation», in *Transforming Audiences*, London, 2009, pp. 3-4.
- [8] Wiley, D. A., «Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy.», *Association for Instructional Technology & Association for Educational Communications and Technology*, vol. Volume: 2830, Issue: 435., pp. 1-35, 2000.
- [9] A. Vicente, R. Motz, M. Llamas, y M. Caeiro, «Work in progress—LOM4CE: LOM for the Content Ecosystem», in *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2011, 2011, p. T2E-1.
- [10] Ochoa, X. «Learnometrics: Metrics for Learning Objects (Learnometrics: metriecken voor leerobjecten)», 2008.

- [11] Polsani, «Use and Abuse of Reusable Learning Objects», *Journal of Digital Information*, vol. Vol. 3, Nro 4.
- [12] C. Duncan y R. House, «Learning object economies: Barriers and drivers», Presented at eLearnInternational, vol. 18, p. 19, 2004.
- [13] Campbell, L., Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to E-Learning, chapter Engaging with the learning object economy. Kogan Page Ltd, 2003.
- [14] C. Elizabeth y W. Martin, «Digital ecosystems: a next generation of the collaborative environment», in Proceedings of the 8th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2006), 2006.
- [15] Stephen Downes, «Learning Objects», 2005. [Online]. Available: http://www.downes.ca/files/Learning_Objects.htm. [Accessed: 07-mar-2014].
- [16] L. Petrides, L. Nguyen, A. Kargliani, y C. Jimes, «Open educational resources: Inquiring into author reuse behaviors», in Times of convergence. Technologies across learning contexts, Springer, 2008, pp. 344–353.
- [17] Collis, B y Strijker, A., «Technology and Human Issues in Reusing Learning Objects | Collis | Journal of Interactive Media in Education», *Journal of Interactive Media in Education*, vol. Special Issue on the Educational Semantic Web, may 2004.
- [18] K. Cardinaels, «A dynamic learning object life cycle and its implications for automatic metadata generation», status: published, 2007.
- [19] Laurence F. Johnson, «Elusive Vision:Challenges Impeding the Learning Object Economy». Macromedia, 2003.
- [20] Cechinel, C., «Empirical Foundations For Automated Quality Assessment Of Learning Objects Inside Repositories», Doctorado, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 2012.
- [21] Ana Belén Gil, Sara Rodríguez, Fernando De la Prieta, y Juan Manuel Corchado, «Learning Object Retrieval in Heterogeneous Environments», *International Journal of Web Engineering and Technology*, vol. 8(2), pp. 197-213, ene. 2013.
- [22] Ismar Frango, Nizam Omar, y Polyana Mustaro, «Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories, and LCMS, Cap. 5. Architecture of learning objects repositories», *Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories and LCMS*. Santa Rosa, CA: Informing Science Institute, vol. 1, 2007.
- [23] Motz, Regina; Rodés, Virginia., «Objetos de Aprendizaje y Modelos Pedagógicos: adaptabilidad para la mejora de la calidad en la Educación a Distancia.», in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Florianópolis, Brasil, 2009.
- [24] I. Azevedo, R. Seïça, A. Ortiz, E. Carrapatoso, y C. Carvalho, «A Semantic Approach for Learning Objects Repositories with Knowledge Reuse», in *Knowledge Engineering and Management by the Masses*, vol. 6317, P. Cimiano y H. S. Pinto, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 576-585.
- [25] Pinch,Trevor y Oudshoorn, Nelly, *How Users Matter The Co-Construction of Users and Technology*. The MIT Press, 2005.
- [26] Santos Corral, Maria Josefa y Diaz Cruz, Rodrigo, *Innovacion tecnologica y procesos culturales. Nuevas perspectivas teoricas.*, 1era ed. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1997.
- [27] Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, y Trevor Pinch, *The Social Construction of Technological Systems*. The MIT Press, 2012.
- [28] Arteaga, Amulfo, Medellín, Enrique, y Santos Corral, Maria Josefa, «Dimensiones Sociales del Cambio Tecnológico», *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales*, vol. Nro 47, 1995.
- [29] Claver Cortés, Enrique, et al., «Organizational_culture_for_innovation.pdf», *The Journal of High Technology Management Research*, vol. Vol. 9, Issue 1., pp. 55-68, 1998.
- [30] J. HABERMAS, *Teoría de la acción comunicativa*. TROTTA, 2010.
- [31] T. R. Villasante y P. M. Gutiérrez, «Redes y conjuntos de acción: para aplicaciones estratégicas en los tiempos de la complejidad social», *Política y sociedad*, vol. 44, n.o 1, pp. 125–140, 2007.
- [32] H. Mintzberg, *La estructuración de las organizaciones*. Editorial Ariel, 1999.
- [33] M. B. Miles y A. M. Huberman, *Qualitative data analysis*. SAGE, 1999.
- [34] T. A. van Dijk, *Estructuras y funciones del discurso: una introducción interdisciplinaria a la lingüística del texto y a los estudios del discurso*. Siglo XXI, 2005.
- [35] T. A. van Dijk, «Algunos principios de una teoría del contexto», *ALED*, pp. 69-81, 2001.
- [36] National Centre for Research Methods (NCRM), «Exploring online research methods». [Online]. Available: <http://www.restore.ac.uk/orm/site/home.htm>. [Accessed: 04-feb-2014].
- [37] D. Domínguez, A. Beaulieu, A. Estalella, E. Gómez, B. Schnettler, y R. Read, «Virtual ethnography», in *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 2007, vol. 8, pp. 3–07.
- [38] S. Roberts, C. Hine, Y. Morey, H. Snee, y H. Watson, «‘Digital Methods as Mainstream Methodology’: Building capacity in the research community to address the challenges and opportunities presented by digitally inspired methods», 2013.
- [39] Lambert, Joe, *Digital storytelling: Capturing lives, creating community*. Routledge, 2013.
- [40] J. L. R. Illera y G. L. Monroy, «Los relatos digitales y su interés educativo», *Educação, Formação & Tecnologias*-ISSN 1646-933X, vol. 2, n.o 1, pp. 5–18, 2009.
- [41] B. G. Glaser y A. L. Strauss, *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Aldine Pub. Co., 1967.
- [42] C. Geertz, *The interpretation of cultures: selected essays*. Basic Books, 1973.

- [43] A. Strauss y J. Corbin, Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Universidad de Antioquia, 2002.
- [44] J. R. Hill, D. Wiley, L. M. Nelson, y S. Han, «Exploring research on Internet-based learning: From infrastructure to interactions», Handbook of research on educational communications and technology, vol. 2, pp. 433–460, 2004.
- [45] Rodés, Virginia y Perez, Alén, «Algunos paradigmas y concepciones subyacentes en el desarrollo y utilización de las tecnologías para la educación», in LACLO 2010 - Quinta Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, Sao Paulo, 2010.
- [46] T. ur Rehman, M. N. A. Khan, y N. Riaz, «Analysis of Requirement Engineering Processes, Tools/Techniques and Methodologies», International Journal of Information Technology and Computer Science, vol. 5, n.o 3, pp. 40-48, feb. 2013.
- [47] M. Shams-Ul-Arif, M. Q. Khan, Y S. Gahyyur, «Requirements Engineering Processes, Tools/Technologies, & Methodologies», International Journal of Reviews in Computing, 2010 2009.

Automatic Gathering of Educational Digital Resources to Populate Repositories

Ana Casali

Facultad de Ciencias Exactas,
Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
CIFASIS
Rosario, Argentina.
acasali@fceia.unr.edu.ar

Claudia Deco

Facultad de Ciencias Exactas,
Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ingeniería y Química
Universidad Católica Argentina
Rosario, Argentina.
cdeco@uca.edu.ar

Santiago Beltramone

Facultad de Ciencias Exactas,
Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Argentina.
santiagobeltramone@gmail.com

ABSTRACT

To populate Institutional Repositories, it is necessary to apply appropriate policies and strategies for dissemination and it is important to develop tools to detect all educational digital objects that are already published on institutional web sites that could be uploaded to a repository. This recopilation is a tedious task and is usually performed manually. In this paper we propose a system architecture for collecting text documents in Spanish or English to assist the manager of institutional repositories in the recopilation task of EDOs within a restricted website. Thus, plausible documents to be uploaded to a repository can be detected. Also, its metadata such as title, category, author, language, keywords and relevant contact data, are automatically extracted in order to ask the author for the publication of his/her document. A prototype of this system was developed and a case study at Universidad Nacional de Rosario (UNR) is analyzed.

Categories and Subject Descriptors

H.3.3 [Information Search and Retrieval]: *Information filtering*

General Terms

Management, Documentation, Design.

Palabras Claves

Information Gathering, Educational Digital Object, Repositories Information Extraction.

1. INTRODUCCION

Developing Open Access Institutional Repositories in public universities in Argentina is a priority under the policy of the Ministry of Science, Technology and Innovation. Thus, in recent years the research community in our country has worked on projects to design and transfer a theoretical, methodological and technological experimental model for Educational Digital Object

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

Repository [1].

It is considered that an Educational Digital Object (EDO) is any material in digital format that can be used as an educational resource. For example, a scientific publication, an educational material used in a class or a video is an educational resource.

An open problem in these Institutional Repositories is how to populate with EDOs representing the scientific and academic production of an university. In addition to policies and appropriate dissemination strategies, it is of interest the development of computer tools to detect all documents already published in various web domains of this institution that can be uploaded to the repository. For this, is crucial to get document information such as contact details of the author, since the author is mandatory to authorize the publication of his/her document granting a license. Currently, this task is tedious and this recopilation is performed manually by the repository manager.

Regarding automatic gathering information systems, various proposals have been developed. Agathe [2] is a multi-agent system for information gathering on restricted domains. To restrict the recopilation on the web to a certain domain, the authors use an ontology to consider context information, allowing treat web pages belonging to that domain in a more intelligent way, which implies an improvement in the precision of information extraction. For this purpose, machine learning methods are used with adaptive approaches. The authors of this article applied this system to the recopilation of Call for Papers (CfP). CROSSMARC [3] is a European project of multidomain system based on multilingual agents for extracting information from web pages. It uses an approach based on knowledge combined with machine learning techniques in order to design a robust system for extracting information from websites of interest. Because of the constant change of the web, this hybrid approach supports adaptability to new emerging concepts and a degree of independence from specific web sites considered in the training phase. CiteSeerX [4] is a scientific literature digital library and a search engine which automatically crawls and indexes scientific documents about computer science. Its architecture is based on modular web services and pluggable components. These are excellent reference architectures for gathering information systems and were considered in the developing of this proposal. However, all these works consider documents that have some type of structure such as Call for Papers or scientific papers. Also, CiteSeerX and Agathe consider documents only in English, while our interest is also to

collect documents that may be in Spanish. Moreover, in all cases previously analyzed, only information that is contained in the document is extracted but they did not explore information that could be in linked websites.

In this paper we propose a system architecture for collecting text documents in Spanish or English to assist the manager of institutional repositories in the recopilation task of EDOs within a restricted website. Thus, plausible documents to be uploaded to a repository can be detected. Also, its metadata such as title, category, author, language, keywords and relevant contact data, are automatically extracted in order to ask the author for the publication of his/her document. Specifically, contact data are email and affiliation of the authors of the document to be uploaded.

A problem that can be found in this extraction is that many times, the required data (author, affiliation and email) are not in the document. These data can be in different pages of the same website. The proposed architecture takes advantage of this feature to improve the automation of information extraction. Therefore, in this system some data or metadata extracted are searched in the document text and are also searched in linked sites. The system receives as input a list of URLs of websites where the search is performed. The output of the system shows the retrieved documents together with the extracted information in a database.

This paper is organized as follows. Preliminary concepts are presented in Section 2 and some extraction tools are analyzed. Section 3 describes the architecture of the system with its main components. In Section 4 shows results of the experimentation. Finally, some conclusions are presented.

2. PRELIMINARIES

2.1 Web Crawling

A Web crawler is a program that inspects web pages in a methodical and automated way [5]. One of its most common uses is to create a copy of all visited web pages for later processing by a search engine that indexes pages providing a fast search. Web crawlers begin visiting a list of URLs, identify the links in these pages and add them to the list of URLs to visit recurrently according to a given set of rules. The usual processing of a crawler is from a group of initial URLs addresses (called seeds) which linked resources are downloaded and analyzed in order to look for links to new resources, typically HTML pages, repeating this process until the final conditions are reached. These conditions vary according to the desired crawling policy.

The behavior of a Web Crawler is a combination of different policies of selection, revisit, diplomacy and parallelization. This work focuses on Academic Focused Web Crawlers. The objective of this type of crawler is to collect academic papers into repositories. Examples of these crawlers are CiteSeerX¹, Google Scholar² and Microsoft Academic Search³. Basically, to the work of the focused crawler is added the task of selecting specific text formats, such as PDF, PS or DOC. Moreover, they use detection techniques for academic articles in a post-processing, where machine learning algorithms, regular expressions or ad-hoc rules can be employed.

¹ <http://citeseerx.ist.psu.edu/>

² <http://scholar.google.com.ar/>

³ <http://academic.research.microsoft.com/>

Academic papers are obtained from websites of educational and research institutions. Seed selection plays a major role in the results. However, the full articles that can be found are a minor proportion of the total, as they often are being marketed with restricted rights. The crawler used in our prototype belongs to this category, which also domain restrictions in the URL seeds are applied, since the EDOs of interest are those belonging to our university.

Among open access crawlers are: Heritrix⁴, Apache Nutch⁵ y Crawler4j⁶. In this work we decided to use Crawler4j for being lightweight, scalable, fast, it is developed in Java and because of its ease of configuration and policies crawling selection, and it has good performance. Remarkably, much larger projects like Nutch and Heritrix, exploit its potential in distributed systems dedicated to permanent crawling tasks, features not required in the prototype presented here.

One of the alternatives evaluated and discarded in this study was the use of queries to external search engines like Google, Yahoo, etc. These engines have crawlers that are permanently working with a wide range of queries in different types of files (PDF, PostScript, etc.). The advantages of queries to them lie naturally in saving processing task. While many information gathering systems use this approach (e.g. Agathe), in the present study could not be applied because it is essential to have the structure of the site which has the link to the EDO of interest. This is because we cannot always find contact data of authors within the document which, as discussed below, can be found in nearby HTML pages.

2.2 Information Extraction, Retrieval and Gathering

The main goal of Information Extraction systems is to locate information from text documents in natural language, producing as output, a structured tabular data without ambiguity, which can be summarized and presented in a uniform way [6]. Increasingly, it is necessary to extract information for different purposes from the web. It can be seen as a large collection of documents written in natural language and distributed on different servers and files of various format. Therefore, the web is a great source for discovering knowledge.

An Information Retrieval system retrieves relevant documents within a larger collection, while an Information Extraction system extracts relevant information in one or more documents. Therefore, both techniques are complementary and used in combination can result in powerful tools for text processing.

Both areas differ in their objectives and use different computational techniques. These differences are due to the inherent objectives and to the history of each area. Much of the work that has emerged in Information Extraction comes from rule-based systems, linguistic computing and natural language processing systems while the field of Information Retrieval is influenced by areas such as information theory, probability and statistics.

The most used metrics to evaluate information retrieval are Precision and Recall. Precision is the proportion of correct answers on the amount of responses. Recall measures the number of correct

⁴ <https://webarchive.jira.com/wiki/display/Heritrix/>

⁵ <https://nutch.apache.org/>

⁶ <https://code.google.com/p/crawler4j/>

responses to total possible correct answers. Both metrics take values in the range [0,1] and its optimum is 1.

Because of the great growth of the web and the heterogeneous of its pages, the task of gathering information is increasingly complex. A Gathering Information System is responsible for performing the retrieval and extraction of information in well-defined collections. To retrieve relevant information, the gathering should be restricted to specific domains. Namely, the context in which the information is collected must be considered.

2.3 Tools for Information Extraction in text documents

Until today, there are not many works in automatic extraction of metadata in text documents [7, 8]. Each tool extracts different types of metadata, has its own objectives, architecture and uses different techniques.

In [9] general metadata extraction tools for title, authors, keywords, abstract and language are analyzed. In particular the following tools: KEA⁷, MrDLib⁸, Alchemy⁹ and ParsCit¹⁰ were compared. After conducting various experiments with these tools on a corpus of 760 documents in our university repository, results obtained with respect to the different metadata that can be extracted were analyzed by each of them: MrDLib for Title and Authors, KEA for Keywords and Alchemy for Title, Keywords and Language. It was observed that the results found with KEA and Alchemy on keywords are similar in precision and that the results obtained with MrDLib and Alchemy for title and authors are similar too. Furthermore, Alchemy results were compared with its combination with ParsCit for preprocessing of documents and with the combination Alchemy+ParsCit the best results were obtained. ParsCit allows structuring the document and creates an XML document that attempts to identify Title, Author, Abstract and Keywords. This information is concatenated into a new file, which is used to submit AlchemyAPI server instead of the original file. From the results obtained in this work, it was decided to use in our proposal Alchemy+ParsCit for information extraction and Apache PDFBox¹¹ to convert plain text file to PDF format. Next, the tools used are briefly described:

AlchemyAPI is a text mining platform which provides a set of tools for semantic analysis using natural language processing techniques. It provides a set of services that allow automatically analyze plain text documents or HTML. This tool includes multiple services from its RESTful API. Among them are: extraction of Author, Entities, Keywords, Content Categorization and Identification of Language. In its free version, the service has a daily limit of 1000 queries and a limit of 150 kbs per query.

ParsCit is an open source application that performs two tasks: parsing reference strings for citation extraction and analysis of the logical structure of scientific papers. These tasks are performed from a text file using supervised machine learning methods using conditional random fields as a learning mechanism. It includes utilities to run as a web service or as a standalone application.

⁷ www.nzdl.org/Kea/index_old.html

⁸ www.mr-dlib.org

⁹ www.alchemyapi.com

¹⁰ wing.comp.nus.edu.sg/parsCit/

¹¹ <http://pdfbox.apache.org/>

Apache PDFBox is a Java open source code tool for working with PDF documents. It allows creation of new PDF documents, manipulation of existing documents and the ability to extract content from documents. This tool extracts text from these files. In addition, searches for metadata (author, title, organization, keywords, etc.) that can be embedded in the binary file, loaded at the time of the construction of the PDF. The tool parses the Document Catalog of the binary in the content search within the Metadata section.

2.4 Graph Databases

A graph database is a database that uses graph structures with nodes, edges, and properties to represent and store data. A graph database is any storage system that provides index-free adjacency. This means that every element contains a direct pointer to its adjacent elements and no index lookups are necessary. General graph databases that can store any graph are distinct from specialized graph databases such as triplestores and network databases. Graph databases are based on graph theory. They employ nodes, properties, and edges. Nodes represent entities such as people, businesses, accounts, or any other item you might want to keep track of. Properties are pertinent information relate to nodes. Edges connect nodes to nodes or nodes to properties and they represent the relationship between them. Most of the important information is really stored in the edges. Meaningful patterns emerge when one examines the connections and interconnections of nodes, properties and edges.

Graph databases are a powerful tool for graph-like queries, for example, computing the shortest path between two nodes in the graph. This is the reason why we chose a graph database, since the structure of websites can be easily represented by a graph.

In this paper Neo4j was used, which is an open-source graph database. It is a highly scalable open source graph database that supports ACID, has high-availability clustering for enterprise deployments, and comes with a web-based administration tool that includes full transaction support and visual node-link graph explorer. Neo4j is accessible from most programming languages using its built-in REST web API interface and it is one of the most popular graph database in use today.

3. System Architecture

In this section we propose a gathering information system architecture on restricted web domains for uploading institutional repositories with EDOs. Given the characteristics of the domain, the main functional requirements for our system are:

- Collect digital objects in a configurable list of web domains. For this, is planned to establish the domains belonging to national public universities.
- Extract information from authorship, affiliation and contact information (name of the author, university, institution, email).
- Classify documents into categories, such as publications, lecture notes, etc.
- For each relevant object found, store the document in a database along with information obtained for later viewing

The architecture of the proposed system is described considering two conditions that are present in the gathering problem of EDOs.

This architecture can be extended to other gathering problems where the following characteristics are observed:

1. Relevance of Documents: all PDF documents found in the seeds URLs are considered relevant. This is particularly true in the domain of interest of EDOs because it is applied to URL seeds of academic web sites.

2. Information distributed on different pages of the same web site: we start from the empirical observation that the information about an author (name, affiliation, email) are often not in the same document or on the website referred to that document but it could be found on another page of the same website. This is very common in educational resources pages. For example, the resource may be in one page, while the contact information of the teachers (possible authors) is in another. As well as on the websites of researchers, where information related to their publications cannot contain contact information, which generally is in the root of their website.

The proposed architecture differs from previous architectures [2, 3, 4] because it deals with documents in Spanish and because of the representation in a graph database of the web sites structure related to seed URLs. This allows extracting information not only on the page of interest but also of related pages.

To achieve the required functionality we designed a modular system with a centralized architecture, where the flow of tasks and information exchange is handled by a coordinator component. The proposed architecture is shown in Figure 1 and its main components are described below.

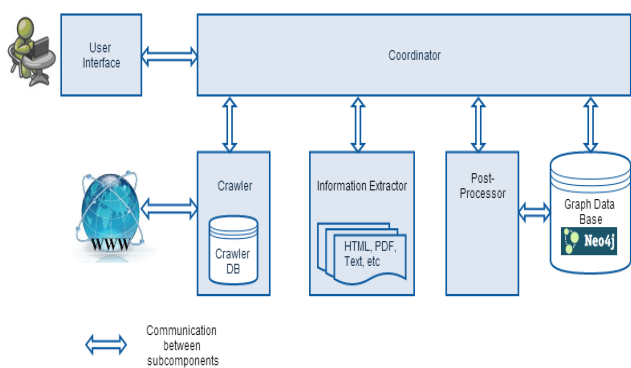


Figure 1. Proposed Architecture

User Interface: is the means by which the user (contents administrator of a repository) initiates and configures gathering information tasks and can view the resulting data.

Coordinator: is responsible for coordinating and communicating the remaining components. Its purpose is to maintain modules isolated from other components so that, they can be easily modified. It manages processes of crawler initialization, persistence in the graph database, post-processing at the end of the crawling and data visualization by the user.

Crawler: this module performs the specific tasks of web crawling. When a resource, which can be in different formats (HTML, PDF, CSS, etc.), is targeted and based on the selected policy of crawling, the crawler notifies the coordinator of the resource found. The

coordinator module is responsible for requesting information extraction of that resource and then redirect along with the extracted information to the graphic database for persistence.

Information Extractor: This component is responsible for performing the extraction of information from different resources retrieved by the crawler. It consists of several specialized modules. Depending on the application domain, it may be necessary to implement this component with sub-modules that specialize according to the topic of information to extract or the file type. For domains with different types of documents (e.g. papers, educational resources, video, etc.) and presented in different formats (e.g. PDF, HTML pages, etc.) it is beneficial to use an architecture that have different specialized modules in the extraction of information from each particular topic. In this work different files are processed with different tools.

PDFBox extracts text from a PDF file. Also, this tool searches for metadata (author, title, keywords, etc.) that can be embedded in the binary file and were loaded by the author at the time of the construction of the PDF.

ParsCit performs structure analysis of scientific documents and recognizes different sections of an EDO: title, authors, emails, affiliations, abstract, among others. AlchemyAPI is used for the extraction of keywords and recognition of entities through web services, which receives as input HTML and returns output in XML or JSON format. Specifically, the entities we are looking for are of type organizations and individuals, as potential values of filiation and author fields, respectively.

Graph Data Base: persists the structure of the websites that have been crawled. In the database is generated a graph where nodes correspond to URLs retrieved by the crawler and the leaves are either URLs that have no other outgoing URLs or resources of a certain type of format that are the system target. In Figure 2 we show the database resulting from crawling a site of a researcher professor at UNR.

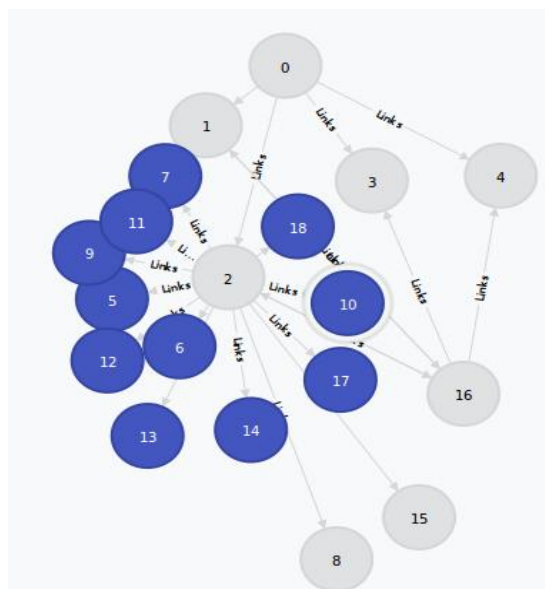


Figure 2. Graph Data Base resulting from crawling a researcher professor website

The gray nodes correspond to HTML pages, while blue ones

represent files in PDF format. For each node, the database stores information extracted by the Extractor and the Crawler (father URL, sons URLs, domain, size). Also, it provides to the Post-Processing component routes between nodes in the tree.

Post-Processor: once completed the process of crawling, the coordinator is notified and initiates the Post-Processing. In it, the retrieved nodes are visited and from each one, the process goes bottom-up in the hierarchy structure of the web site that was persisted in the Graph Data Base. The graph path starts in the leaves nodes and continues to a certain distance depending on the system configuration. The aim is to find and link extra information that could not be found on the leaf node and it is expected to be found in a not so distant node. For example, for the proposed prototype, we look for a contact email and possible information related to authors and affiliations.

3.1 Processing Sequence and Interaction between Components

Figure 3 shows the sequence of processing and communication between the system components.

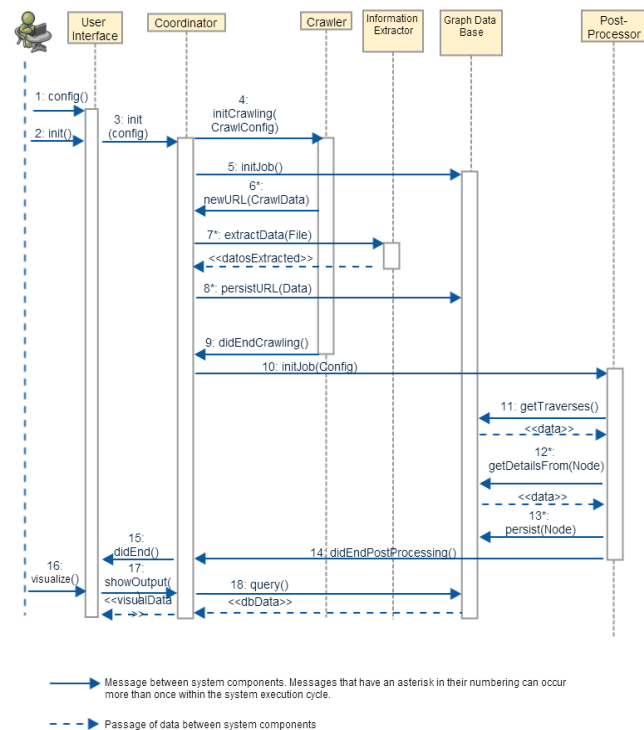
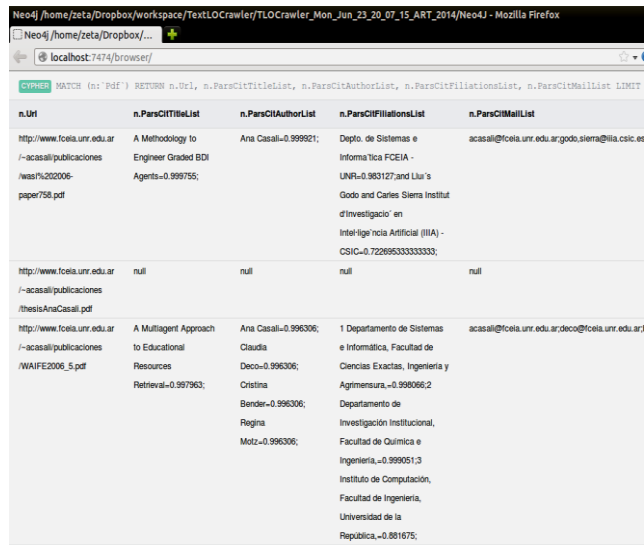


Figure 3. Sequence and Interaction between System Components.

The system administrator is in charge of configuring and starting the processing through the system Interface (Messages 1 and 2). This interface informs the Coordinator (Message 3), who is responsible for the various stages of processing, interacting with and configuring the remaining components. The second interaction is from the Coordinator to the Crawler where the first notifies the second the starting of a new job of crawling (Message 4). For each new file found from a URL the Crawler notifies the Coordinator, who interacts with the Extractor to integrate the data extracted with the data from the Crawler to persist the information in the Graph database (Messages 6, 7 and 8). When the crawling is

finished, the Coordinator is notified and communicates with the Post-Processor (Messages 9 and 10). The latter, requests path information from the graph database structure of the seed websites and trace them according to the set configuration (Message 11). It also asks for this information for each node in the path and establishes new associations with information that can potentially be linked (Messages 12 and 13). When the work is finished, it notifies the Coordinator who in turn submits it to the Interface (Messages 14 and 15). Finally, the user can request data visualization, resulting from queries that the Coordinator submit to the Database and the results obtained can be displayed through the interface (Messages 16, 17 and 18). In Figure 4 we show the output of the resulting extracted data in database.



n.Url	n.ParsCitTitleList	n.ParsCitAuthorList	n.ParsCitAffiliationsList	n.ParsCitMailList
http://www.fceia.unr.edu.ar/~acasali/publicaciones/waife2006-5.pdf	A Methodology to Engineer Graded BDI Agents-0.999755;	Ara Casali-0.999921;	Deplo. de Sistemas e Informatica FCEIA - UNR-0.983127;and Liu's Godo and Carles Siens Institut d'Investigacio en Intel·ligencia Artificial (IIA) - CSIG-0.7286953333333333;	acasali@fceia.unr.edu.ar;gdo.sierra@lia.csic.es
http://www.fceia.unr.edu.ar/~acasali/publicaciones/tesisAnaCasali.pdf				
http://www.fceia.unr.edu.ar/~acasali/publicaciones/WAIFE2006_5.pdf	A Multigent Approach to Educational Resources Retrieval-0.997963;	Ara Casali-0.996306; Claudia Deco-0.996306; Cristina Bender-0.996306; Regina Motz-0.996306;	1 Departamento de Sistemas e Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,-0.998066.2 Departamento de Regina Investigación Institucional, Facultad de Química e Ingeniería,-0.999051.3 Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República,-0.881675;	

Figure 4. Results Data

We have developed a first prototype of the proposed gathering system. It was implemented in Java using the implementation in the same language of the web crawler Crawler4j and the graph database engine Neo4j as embedded database. The web client of the graph database is also used for data visualization. The wrappers of information extraction tools: Apache PDFBox, Alchemy API and ParsCit were also implemented in Java.

4. EXPERIMENTATION

To evaluate the performance of the proposed prototype we run it in the institutional site of an UNR researcher professor. Our objective was to analyze the feasibility of the proposed architecture and to evaluate the results obtained by different extractors in order to design the system modules with the combination that provides the best results.

From the initial URL, following the steps above described, all the PDF files were retrieved by the Crawler and the database to persist the analyzed site structure was generated. Then, using PDFBox, these files were obtained in text format. In order to analyze which is the best combination of the selected extractors, different experiments have been conducted and some of them are detailed below.

In a first step, we executed the information extraction using ParsCit. As output we got a XML file from which it was obtained the field values: Title, Authors, Affiliations and Emails. For

example, we show in Table 1 the analysis of the results obtained for the first 10 documents gathered in this site.

In a second stage, to the text files obtained by the PDFBox was applied a combination of extractors and search using the graph database. This step is performed by the Post-Processor module of the architecture.

To extract the emails first, the system searched regular expressions corresponding to emails in the first page of the document and then, these expressions were sought in the HTML of the family links hierarchy.

Tabla 1. Extraction results using ParsCit

Document	Title	Authors	Filiation	Email
Doc1	T	PE	T	NA
Doc2	T	PI	T	T
Doc3	T	T	T	T
Doc4	T	T	PI	T
Doc5	T	T	PI	T
Doc6	T	E	E	E
Doc7	T	T	PI	NA
Doc8	T	PI	PE	NA
Doc9	T	T	T	NA
Doc10	T	T	T	E

Where the nomenclature used represents:

T: the complete or total information is retrieved (precision = 1 and recall = 1);

PE: correct, complete or partial information is retrieved, but also other extras erroneous data are extracted (precision < 1 and recall \approx 1);

PI: partial incomplete, the correct value is not fully retrieved but no erroneous data is obtained (precision = 1 and recall < 1);

E: incorrect;

NA: not applicable, the data was not present where it was looked for;

T (n): the data is correctly found in the inheritance level n.

For authors and their affiliations, the system retrieved the HTML of the linked upper nodes (up to a configurable level) and they were sent to Alchemy-API to extract language and entities of person and organization types, which are respectively associated with potential authors and affiliations.

Regarding the language, 100% correct data is obtained. The analysis of the other results of this process is shown in Table 2 (Authors, Affiliations and Mail columns). To refine the results for Authors and Affiliations, since correct values were obtained with the addition of erroneous data (PE), a filtering process of the values obtained was performed, retrieving only those found on the first page of the analyzed document. With this filter, improvements were obtained in the extraction of this information as can be seen in columns Filtering Author and Filtering Affiliation in Table 2.

Tabla 2. Results obtained by Post-Processing 1: Extraction in family nodes

Doc	Author	Filiation	Mail	Filt-Author	Filt-Filiation
Doc1	PE	PE	T(2)	PI	-
Doc2	PE	PE	T(2)	PI	PI
Doc3	PE	PE	T(2)	-	PI
Doc4	PE	PE	T(2)	PI	PI
Doc5	PE	PE	T(2)	PI	PI
Doc6	PE	PE	T(2)	PI	T
Doc7	PE	PE	T(2)	PI	PI
Doc8	PE	PE	T(2)	PI	-
Doc9	PE	PE	T(2)	PI	-
Doc10	PE	PE	T(2)	PI	-

In a last step, an additional processing (Post-Processing 2) was performed to combine the extraction results obtained for Authors and Filiations fields resulting from ParsCit and the combination of extraction processes described in the above step (Post-Processing 1). Then, it was considered the union of the data obtained by these two processes for each field and the analysis of the results is shown in Table 3.

Tabla 3 Extraction Results for Authors and Affiliations using Post-Processing 2

Document	Lang.	Title	Mail	Author	Filiation
Doc1	T	T	T	T	T
Doc2	T	T	T	PI	T
Doc3	T	T	T	T	T
Doc4	T	T	T	T	PI
Doc5	T	T	T	T	PI
Doc6	T	T	T	PI	T
Doc7	T	T	T	T	PI
Doc8	T	T	T	PI	PE
Doc9	T	T	T	T	T
Doc10	T	T	T	T	T

Results of this experimentation is shown in Table 3. We can observe that in the first stage using ParsCit retrieves 100% of the titles correctly. The authors are correctly extracted in 60% and partially (PE + PI) 30%. Regarding affiliations we get 50% of correct information, 30% partially incomplete and 10% PE. Regarding the extraction of email contact, only 40% correct was extracted and it is noteworthy that in 40% it was not available (NA) within the document. Using Alchemy it was retrieved 100% of the language and applying the combination of extractors (Table 2) for both the author and affiliation field, it was extracted correct information, usually with maximum recall but also, additional incorrect information (PE) was retrieved.

After applying the filter, in most cases the information obtained decreased, resulting partially correct 90% for authors and 50% for affiliations. In the latter case, 10% of total information is added.

Finally, combining the results obtained by these two forms of extraction we were able to extract correctly 100% of language, title and email contact, 70% of authors and 60% of affiliations with

total recall, and the remainder of these fields values partially. Then, we can conclude that this post-processing provides the best results.

Tabla 3. Extractors Comparison

	Lang.	Title	Mail	Author	Filiation
ParsCit	-	100% T	40% T 40% NA	60% T 30% PE+PI	50% T 40% PE+PI
Alchemy	100% T	-	-	-	-
Post-Processing 1			100% T	90% PI	10% T 50% PI
Post-Processing 2	100% T	100% T	100% T	70% T	60% T

5. CONCLUSIONS

In this paper we have proposed an architecture for automating the task of text document gathering within a restricted web domain, in order to detect educational digital objects plausible to be loaded in an institutional repository. We have implemented a prototype that allowed us to evaluate the feasibility of the proposed architecture and experiment the combination of extraction tools to achieve the best results in the fields we are interested. From the analysis of the results obtained, it was decided to design an extractor that combines extraction tools such as ParsCit, Alchemy and the use of regular expressions, posed as a Post-Processing that take advantage of the graph database of the site. With this Post-Processing it was extracted in 100 % correct values for language, title and email contact, 70% of authors and 60% of affiliation and the remainder of these fields' values partially.

The main differences of this proposal with respect to other gathering information systems is on the one hand, the incorporation of graph databases to represent the structure of the web sites related to seed URLs allowing selection and extract information from families linked nodes. On the other hand, we treat with the gathering of diversity types of documents and we extract information in both English and Spanish. It is expected that this tool will be very useful to institutional repositories administrators since it automates an important part of the task of collecting documents.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work was partially support by Red CYTED RIURE: Red

Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos and by the LATIn Project: Latin American open Textbook Initiative, Alfa III DCI-ALA/19.09. 01/11/21526/279-155/ALFA III (2011)-52.

7. REFERENCES

- [1] San Martín, P., Bongiovani, P., Casali, A., Deco, C.. Socio-technological perspectives for Open Access Repositories development in the context of public universities in the central-eastern Argentina. PKP Scholarly Publishing Conference, DF Mexico. 2013.
- [2] Espinasse B., Fournier S., Albitar S., Combining Agents and Wrapper Induction for Information Gathering on Restricted Web Domains, Research Challenges in Information Science, Nice, France, 2010.
- [3] Pazienza, M.I., A. Stellato, and M. Vindigni, Combining Ontological Knowledge and Wrapper Induction Techniques into an e-Retail System, in Workshop on ATEM03 held with ECMLIPKDD 2003, Cavtat. 2003.
- [4] Huajing Li , Councill I. , Bolelli L. , Ding Zhou , Yang Song, Wang-chien Lee An , Sivasubramaniam C. Lee Giles. CiteSeer X- A Scalable Autonomous Scientific Digital Library, Department of Computer Science and Engineering, The School of Information Sciences and Technology, Pennsylvania State University, 2007.
- [5] Castillo, C. PhD Thesis: Web Crawling, Dept. of Computer Science - University of Chile November, 2004.
- [6] Eikvil L. Information Extraction from WWW, Norwegian Computer Center, Oslo, 1999.
- [7] Pire T., Espinase B. Casali A. Deco C. Extracción automática de metadatos de objetos de aprendizaje: un estudio comparativo, 2011.
- [8] Casali A., Deco C., Romano A., Tomé G. An assistant for loading Learning Object Metadata: An ontology based approach. Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects, IJELLO, Volume 9, pages 77-87. Informing Science + IT Education, 2013.
- [9] Casali, A., Deco, C., Bender, C., Fontanarrosa, S., Sabater, C. Asistente para el Depósito de Objetos en Repositorios con Extracción Automática de Metadatos. XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2013), pp 133-136. Madrid, España, 2013.

La dimensión social en el aprendizaje autorregulado. Redes sociales como medio para la enseñanza.

Adriana Gewerc Barujel
Departamento de Didáctica y Organización Escolar
Universidad de Santiago de Compostela
0034 881813785
adriana.gewerc@usc.es

Ana Rodríguez Groba
Departamento de Didáctica y Organización Escolar
Universidad de Santiago de Compostela
0034 881813942
ana.groba@usc.es

RESUMEN

El Aprendizaje Autorregulado (AA) es una de las habilidades demandadas por la sociedad del siglo XXI. Se trata de un proceso constructivo en el cual la persona define sus objetivos y el camino a seguir para alcanzarlos [1]. Las redes sociales se han convertido en una nueva forma de comunicación rápida y horizontal [2] que permite a los alumnos trabajar en un contexto donde crear, compartir, colaborar e interactuar con sus compañeros, y se convierten en aliadas para el desarrollo del AA.

En este trabajo se presenta el estudio de una experiencia en la Universidad de Santiago de Compostela con una metodología en la que el alumnado elabora su e-Portfolio a través de una Red Social académica. Se indaga acerca de cómo el contexto social de la red incide en los procesos de aprendizaje autorregulado que los alumnos ponen en marcha. Se utilizó el cuestionario MSLQ de Pintrich et al. [3]; técnicas de análisis de redes sociales (ARS) en el marco de Learning Analytics y las calificaciones de la evaluación procesual que llevan a cabo los docentes de las materias.

Los resultados muestran que el tipo de metodología utilizada en la enseñanza anima al alumnado a interactuar y generar un entorno rico para que se desarrollen habilidades de aprendizaje autorregulado. El alumnado que peor valoración obtuvo en el cuestionario inicial se mueve hacia lugares más centrales en los grafos de comentarios de la red.

Categoría y tema

C.2.3 [Computer-communication networks]: Network Operations - *Network management, Network monitoring*

General Terms

Experimentación

Keywords

Redes sociales. Analítica del aprendizaje. Aprendizaje Socio-Autorregulado

El permiso para hacer copias digitales o impresiones de parte o la totalidad de este manual para uso personal o académico, se concede gratuitamente a condición de que las copias no se realicen o se distribuyan con fines de lucro o uso comercial y que las copias tengan esta notificación y la cita completa en la primera página. Para copiar de otro modo, volver a publicar en los servidores o redistribuir en las listas se requiere una autorización específica previa y / o una tasa.

1. INTRODUCCIÓN

En las condiciones socioeconómicas contemporáneas se hace necesaria una formación que, más allá de las fronteras de la educación formal, posibilite la adquisición de habilidades que permitan el aprendizaje a lo largo de la vida. Se busca, por lo tanto, un modelo que intenta que los alumnos sean aprendices activos [4], y protagonistas responsables de su aprendizaje [5]. En ese contexto surge el concepto de *aprendizaje autorregulado* que puede ser considerado como una habilidad de los estudiantes para establecer por sí mismos los objetivos que pretenden alcanzar y la manera en que se llega a ellos [6]. Es una de las principales metas que se deben conseguir en el nivel universitario para que pueda distinguirse de los demás niveles del sistema educativo [7] y una de las habilidades demandadas en estos inicios del siglo XXI. Como señalan Espuny, González, Lleixà y Gisbert [8], las redes sociales pueden ser herramientas que ayuden a conseguir este objetivo a través de los métodos participativos que se adoptan en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

El contexto donde el estudiante pone en marcha sus estrategias de aprendizaje autorregulado influencia en sus comportamientos, cognición y motivación. De ahí que, cuando los espacios de enseñanza y aprendizaje se utilizan para fomentar las conexiones entre alumnos/as, entre ellos y tutores o, entre una comunidad y sus recursos de aprendizaje [9] la regulación acaba adquiriendo el carácter no solo de “auto” sino que también de socialmente regulada.

En este trabajo se presenta una investigación que analiza los procesos de socio-regulación del aprendizaje del alumnado universitario en una materia de la Universidad de Santiago de Compostela. La asignatura pretende que los alumnos desarrollen y pongan en marcha estrategias de aprendizaje autorregulado en una red social propia, donde las posibilidades de compartir e interactuar le ofrecen la creación de una comunidad de aprendizaje. Para esto se ha utilizado el cuestionario MSQ [3] y técnicas de análisis de redes sociales enmarcadas en Learning Analytics. Los hallazgos nos permiten poner de relieve la importancia del contexto de aprendizaje y el lugar que ocupa la colaboración en la regulación de los alumnos.

En los siguientes apartados se exponen el referente teórico-metodológico del estudio, así como su discusión y resultados. Por último se presentan conclusiones y propuestas a tener en cuenta para la mejora de la enseñanza universitaria.

2. APRENDIZAJE SOCIO-AUTORREGULADO

El proceso de regulación del aprendizaje se define como un proceso activo y constructivo por el cual el estudiante establece sus propios objetivos, procurando monitorizar, regular y controlar sus pensamientos, motivación y comportamiento de acuerdo a dichos objetivos [1].

Los sujetos necesitan seleccionar, estudiar y crear ambientes para optimizar el aprendizaje con *comportamientos* que les conduzcan a alcanzar sus objetivos. Se trataría de actividades tales como buscar información, preguntar y buscar consejos, tener un lugar específico para el estudio, etc. [10]. La *cognición* incluye procesos de percepción, atención, cognición espacial, imaginación, lenguaje, memoria, resolución de problemas, creatividad, pensamiento e inteligencia [11]. Podemos considerar la *motivación* “como un conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta” [12] y todos estos factores se encuentran fuertemente influidos por el *contexto* donde interactúan y se ponen en marcha. Ahora bien, éste último no es solo un aspecto que rodea a los aspectos involucrados, sino que influye directamente en la manera en que se desarrollan.

Desde la teoría socio-cultural [13] justamente se llama la atención sobre el hecho fundamental que ningún estudiante aprende aislado del ambiente social y las herramientas sociales [14] ya que el conocimiento es el resultado de un proceso de interacción entre el individuo y el entorno [13].

Si el aprendizaje es social y no se aprende al margen de los demás, tiene sentido afirmar que la regulación del mismo, es también social, ya sea influenciada por el contexto, a través de la participación, o situada en los sistemas de la actividad [15], cuando las actividades de aprendizaje que se realizan están apoyadas con otros, o cuando se comparten tareas, percepciones, objetivos y estrategias [16].

Por lo tanto, la autorregulación tiene lugar en tareas que se realizan tanto de forma independiente, cooperativa o colaborativa, que conducen a cambios en los conocimientos, las creencias y las estrategias de los individuos. Estos cambios, que se trasladan a las nuevas tareas, tienen como objetivo final la adaptación personal de la actividad reguladora [15].

Hadwin et al. [17] señala que la autorregulación del aprendizaje puede llegar a ser socialmente regulada a través de las actividades que se apoyan en otros (co - regulación), o cuando los individuos negocian en tareas compartidas sus percepciones, objetivos y estrategias.

La co-regulación se ha visto influida por la teoría sociocultural, que hace hincapié en la apropiación gradual que se produce al compartir problemas y tareas comunes a través de las interacciones interpersonales [18]. Los modelos sociocognitivos señalan, desde este marco, que es el individuo el que desarrolla su aprendizaje autorregulado, pero éste es asistido y moldeado por el contexto.

Esta asistencia se concreta en los andamios [13], aquellos elementos que ayudan a traspasar la Zona de Desarrollo

Próximo, superando la distancia entre el nivel real, determinado por la capacidad de un alumno para resolver independientemente un problema y el potencial que posee. Los andamios se caracterizan por ser propuestas que ayudan a la resolución de un problema, bajo la guía de un adulto o en colaboración con otros compañeros más capaces. El intercambio de ideas, explicaciones, objetivos y las actividades que se articulan entorno a una tarea, contribuyen a las construcciones y reconstrucciones de las habilidades consideradas dentro del aprendizaje autorregulado [15]

Teniendo en cuenta la importancia de la dimensión social, parece apropiado, que desde el campo educativo se comience a trabajar en contextos y actividades que integren la dimensión social. En este sentido, las redes sociales académicas se transforman en entornos de trabajo que posibilitarían el desarrollo de estas habilidades.

2.1. Las redes sociales como contexto para desarrollo SOCIAL- SRL

Las redes sociales académicas se han convertido en un nuevo escenario educativo proyectando las posibilidades que ofrece la web 2.0 y estimulando a que el estudiante sea activo en su proceso de aprendizaje conectando con una comunidad virtual de aprendizaje [19]. Una red (Knowledge Networks) para promover la adquisición de la información y la construcción conjunta del conocimiento [20]. Dos rasgos la distinguen de otros tipos de comunidades: la elección del aprendizaje como objetivo explícito de la comunidad y el uso de las tecnologías digitales para el ejercicio de la acción educativa intencional [21]. Ahora bien, las posibilidades de que esto se produzca depende del tipo de enseñanza planteada, relacionando los tres componentes básicos del triángulo didáctico: el contenido que es objeto de enseñanza y aprendizaje, la actividad del profesor/a y la de los estudiantes [22].

La imperiosa necesidad de desarrollar habilidades autorregulatorias no puede pensarse al margen de estos componentes. Una propuesta de enseñanza para este objetivo deberá apoyarse en actividades que estimulen la toma de decisiones autónoma por parte de los estudiantes, en un entorno rico en interacciones que se transformen en pilares adecuados para el logro de las competencias requeridas. En las redes sociales académicas los sujetos comparten información y son un nicho que ayuda a la autorregulación, en la medida que la exposición de las producciones de los compañeros/as pueden transformarse en andamios que ayuden a avanzar. Para esto es necesaria la presencia docente [23] que apoye un trabajo en profundidad alejado de los hábitos cognitivos que pueden haberse generado en el contexto de las redes sociales para el ocio [24] [25].

El trabajo con otros ayuda a crecer en diferentes sentidos, de allí que las redes sociales académicas pueden transformarse en un entorno ideal para la creación de comunidades que apoyen el desarrollo de habilidades socio-autorreguladas de los estudiantes.

3. PROPUESTA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE SOCIO-AUTORREGULADO

3.1 El caso de la red social del grupo Stellae

Desde el año 2006, docentes del grupo de investigación Stellae, trabajan en asignaturas de diferentes titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Santiago de Compostela con la plataforma de código abierto ELGG, alojada en un servidor institucional (<http://stellae.usc.es/red>).

Se trata de una red social que incluye foros de discusión, blogs, micro-blogging en el espacio central, detalles del perfil de usuario, listas de amigos, pantalla de actividades, muro personal, calendario, favoritos, páginas y la posibilidad de realizar comentarios en las diferentes contribuciones que hacen los compañeros. Cuando un usuario añade un contenido en la plataforma tiene la opción de seleccionar con quién quiere compartirlo (privado, amigos, todos los usuarios de la plataforma o público). Esto último posibilita que el contenido pueda ser compartido, o que por el contrario la visualización sea nula y se creen espacios individuales privados.

Estas posibilidades se conectan con un encuadre pedagógico que enmarca una propuesta para apoyar el desarrollo del aprendizaje socio-autoregulado [26]. Debe tenerse en cuenta que el tipo de tarea y el contexto de aprendizaje moderan el uso real de las herramientas tecnológicas que se utilizan [27].

3.2 La materia y su propuesta

En esta investigación analizamos el proceso de socio-autoregulación del aprendizaje que realiza el alumnado, durante el curso 2013-2014, de unas de las asignaturas que hace uso de la plataforma: *Tecnología Educativa*.

Se trata de una materia troncal de 3º curso del Grado de Pedagogía que utiliza la modalidad Blended Learning, con clases presenciales semanales en donde el alumnado vive experiencias de discusión sobre las temáticas del programa o de práctica con algún recurso concreto. Además, los alumnos crean un espacio personal en la red social, y a través de él se conectan con sus compañeros y con los materiales de la asignatura. Se busca “el desarrollo de la autonomía del estudiante, una meta que es apoyada por una combinación de clases presenciales y contextos en línea en los que el maestro está jugando un apoyo” [28].

En el espacio personal el alumnado evidencia su proceso de aprendizaje (e-portfolio). Esto les induce a realizar una búsqueda que muestra cómo han re-significado los conceptos trabajados en las clases presenciales y a incorporar una entrada en el blog, un archivo en el que integra sus reflexiones producto de las clases y de las lecturas realizadas, favoritos, tweets, etc. Este espacio es compartido con los compañeros que forman parte de la red, quienes pueden leer y comentar las aportaciones que se realizan. De este modo, aunque las evidencias que cada uno va recogiendo del proceso son individuales, al ser expuestas públicamente en el espacio “virtual”, se ven influenciadas en todo momento por el contexto social en el que están insertas. Se realizan también trabajos en pequeños grupos en los que se coopera para el logro de un producto compartido.

Este conjunto de elementos que configuran su entorno personal es evaluado por las profesoras, a través de una rúbrica presentada al inicio del curso, en dos momentos: en la mitad del desarrollo de la asignatura y al final. A pesar de que existen una serie de trabajos obligatorios que deben cubrir en la asignatura, cada alumno/a recorre su propio camino, seleccionando temas y recursos que complementan la formación. La propuesta de enseñanza deja

libertad para que cada uno seleccione y profundice en los temas que, a su entender, sean más significativos, de aquellos contenidos que se trabajan durante las clases presenciales. Por eso cada espacio personal en la red es diferente, ya que la selección se realiza en función de los intereses, objetivos y experiencias de cada uno.

Se parte de la idea de que cuanto menos estructurada es la actividad, más estrategias de aprendizaje se ponen en marcha, aspecto fundamental del aprendizaje autorregulado [29]. Por lo tanto, se intenta no ofrecer pautas específicas que constriñan este proceso, por el contrario, se estimula la toma de decisiones consciente. Y al mismo tiempo, es aprendizaje colaborativo, porque los miembros del grupo representan agentes interdependientes de autorregulación pero constituyen una entidad social que crea posibilidades y limitaciones para el grupo y compromiso individual [29].

De esta forma, el alumnado se enfrenta a situaciones de aprendizaje social donde se plantean actividades colaborativas y espacios para el intercambio que requieren el desarrollo de procesos motivacionales, cognitivos y habilidades socio-emocionales, distintas a las que tienen lugar situaciones de aprendizaje muy estructuradas [30]. En la figura 1, se ve el esquema que explica la variación de la regulación cuando se pone en juego en un entorno social. Sintetiza el proceso, tal como es entendido en la asignatura, sobre todo teniendo en cuenta cómo se pretende que los procesos individuales se vean influidos por el contexto social en donde se producen. El espacio central de confluencia, señala el juego que marcan las interacciones y que afecta a los individuos y sus habilidades de regulación, en tanto que grupo, pero también como miembros aislados.

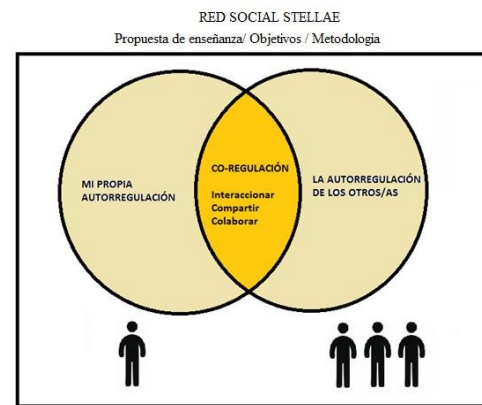


Figura 1: Variaciones en regulación con correulación

El recuadro representa a la red social, en la que el aprendizaje autorregulado adquiere otro significado, cuando se ve moldeado por el contexto y la relación con los otros.

4. METODOLOGÍA

En la indagación acerca del socio-aprendizaje autorregulado de los estudiantes de la asignatura antes descrita interesa analizar qué sucede en el contexto de la red social, cómo se desarrolla el proceso de intercambio que está estimulando los procesos autorregulatorios y qué impacto puede tener en el rendimiento del alumnado. Para ello, en el principio del curso, se ha aplicado el cuestionario MSLQ elaborado por Pintrich et al. [3].

El cuestionario ha permitido realizar un diagnóstico del punto de partida del alumno en relación al aprendizaje autorregulado. También se han utilizado herramientas de Analítica de Aprendizaje, específicamente de ARS (Social Network Analysis) para observar las variaciones de la red en cuanto a grado de centralidad y densidad, tomando los comentarios realizados a los compañeros. Por último se relacionaron estos datos con los resultados obtenidos durante la primera evaluación de la asignatura.

El cuestionario MSQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) de Pintrich et al. [3] fue traducido y adaptado al contexto de desarrollo de la asignatura. Se trata de una herramienta para evaluar las orientaciones motivacionales de los estudiantes universitarios y el uso de las diferentes estrategias de aprendizaje en la universidad. Presenta 81 ítems que se dividen en dos secciones: las estrategias de motivación (31) y las estrategias de aprendizaje (50). Esta última sección se subdivide, a su vez, en cuestiones que analizan estrategias cognitivas, metacognitivas y la gestión que los estudiantes hacen de los recursos de los que disponen. Se ha adaptado la escala de valoración, de 1 a 5, dos valores menos que la escala original, con el objetivo de que el alumnado fuese más preciso.

Por otro lado, con el objeto de sacar a la luz los procesos de interacción que se producen en el contexto de la red social, se utilizaron técnicas de ARS (Social Network Analysis) (Long y Siemens, 2011) en el marco del Learning Analytics (LA). LA consiste en "la medición, recopilación, análisis y presentación de datos sobre los alumnos y sus contextos, con el objetivo de entender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce" (Learning Analytics and Knowledge Conference, 2011). Permite la construcción de sentido en torno a una serie de datos que por sí solos, nos ofrecen sólo "medidas", números. Explorar la construcción nos ofrece la oportunidad de comprender cómo los alumnos se desenvuelven en el proceso.

A través de software Ucinet y NetDraw se construyeron grafos de interacciones (entendidas como los comentarios que se realizan a las aportaciones de los compañeros) y se analizaron los siguientes parámetros:

- *Densidad de la red*: es la proporción de vínculos entre los nodos del grafo en relación al total de vínculos posibles. Así, una red donde todos los actores están vinculados con todos los demás, diremos que tiene densidad máxima. En las redes en las que unos actores están vinculados, en función del momento, la densidad irá variando. Este parámetro nos indica la intensidad de la colaboración.

- *Centralidad de un nodo*: indica su importancia en la red social como consecuencia de las relaciones. Una red centralizada tendrá un conjunto de nodos relevantes con los que los restantes establecen un gran número de relaciones. En este caso muestran la noción de indegree y outdegree que contabilizan las relaciones de entrada y salida de un nodo, es decir, tanto los comentarios realizados hacia el nodo (indegree) como los realizados por ese nodo hacia otros compañeros (outdegree).

Estos dos elementos nos permiten conocer de cerca cómo funciona esta red, indagando en las interacciones entre compañeros y en su evolución a través del tiempo. Observar el alumnado que permanece más alejado del proceso y aquellos que se encuentran inmersos en esta dimensión social de la red. Podemos así identificar hacia dónde se dirigen los miembros de forma individual o el grupo de forma conjunta, conociendo más de los procesos de aprendizaje socio- autorregulado que se desarrollan en este espacio.

Nos interesa resaltar si existen variaciones en el modo y número de interacciones que se dan en la materia a lo largo del curso, indagando si estas variaciones apuntan hacia una mejora de los procesos de socio-autorregulación de la clase. Para ello se aplicaron las técnicas de ARS en 4 momentos (3º semana, 5º semana, 10º semana y 16º semana). Por último, se relacionaron estos resultados con las calificaciones obtenidas por el alumnado.

5. RESULTADOS

El cuestionario MSQ se aplicó al iniciar el curso, buscando obtener información sobre las habilidades de aprendizaje autorregulado del alumnado antes de comenzar el proceso, con el objeto de implantar estrategias que favorecieran su desarrollo. La tasa de respuesta fue del 72% (52 alumnos/as de 72). La media de las puntuaciones obtenidas fue de 3,49 (transformada a una escala del 1-7, se corresponde con 4,88). Investigaciones precedentes en universidades de distintos países que utilizaron el mismo cuestionario obtuvieron una media de 4,97 en Argentina [32] y 4,90 en Navarra, España [33], lo que indica que no hay diferencias significativas entre universidades. Esto supone que el alumnado de nuestro caso se encuentra en el nivel medio de desarrollo de las habilidades de aprendizaje autorregulado. La puntuación más baja ha sido de 4,06 y la más alta de 5,99. Podríamos inferir que el alumno/a con la puntuación más baja posee, por un lado, menor motivación y por otro, que no tiene tan desarrolladas estrategias como la de organización, pedir ayuda a otros compañeros y profesores, aprovechamiento del tiempo, mantenimiento del esfuerzo, etc.

El uso de las herramientas de Learning Analytics nos ha permitido generar grafos que evidencian una red descentralizada con alta densidad de interacciones, con un total de 2550 comentarios, lo que indica la gran actividad que mantienen los 72 alumnos matriculados en la asignatura.

La red va disminuyendo en su grado de centralidad (Tabla 1) y, en simultáneo, aumenta el grado de densidad lo que implica que cada vez más alumnos/as interactúan y contribuyen a que la base de las interacciones se reparta entre muchos más nodos, como vemos en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices de centralidad por semanas.

Semana	Densidad
3°	5.640
5°	8.047
10°	8.409
16°	25.297

Tabla 2. Densidad por semanas

Semana	(Outdegree)	(Indegree)
3°	81.966%	11.162%
5°	80.549%	14.437%
10°	79.030%	13.420%
16°	65.059%	14.374%

En el análisis de la centralidad de cada nodo, se evidencia la tendencia a acercarse al centro del grafo a medida que avanza el tiempo. Esto puede interpretarse como avance de procesos de autonomía al realizar comentarios en las aportaciones de los compañeros y contribuir a la densidad de la red.

Por otro lado, el alumnado que ha recibido mayor puntuación en el cuestionario, al iniciar el proceso, y que por lo tanto considera que tiene amplio desarrollo de habilidades autorreguladas, se mantiene en el centro del grafo desde el inicio y hasta la semana 16 (figuras 2, 3, 4, 5). Mientras tanto, muchos de los alumnos que en el cuestionario obtuvieron la puntuación más baja, semanas después han aumentado su participación, como puede observarse en las figuras y datos. La proporción de las interacciones de la red, crece a un ritmo constante con una clara tendencia de los nodos a dirigirse hacia el centro aportando densidad a la red. Se han considerado como bajas las puntuaciones de los 10 alumnos con peor resultado en el MSLQ, este número responde al 19% del total del alumnado (Tabla 3).

Tabla 3: Grupos establecidos según resultados MSLQ.

	MSLQ Bajo	MSLQ Medio	MSLQ Alto
Porcentaje seleccionado	19%	64%	17%
Número de alumnos/as	10	33	9
Puntuaciones obtenidas X	2.91 < X < 3,27	3,28 < X < 3,79	3.8 > X < 4.29

En los grafos representados (Figuras 1, 2, 3 y 4) se han pintado de colores (verde, naranja, gris, marrón y rosa) cinco de los alumnos que más baja puntuación alcanzaron, mostrando cómo van acercándose al centro del grafo e incrementando el número de sus interacciones. Podemos observar que aquellos que se encontraban en los márgenes de esta red, se van acercando al

núcleo del grupo-clase virtual, siendo en la figura 5 donde se ve que se cómo se han integrado.

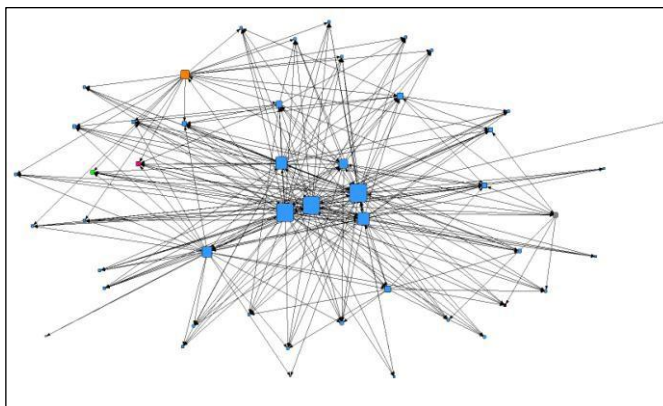


Figura 2: Mapa interacciones semana 3

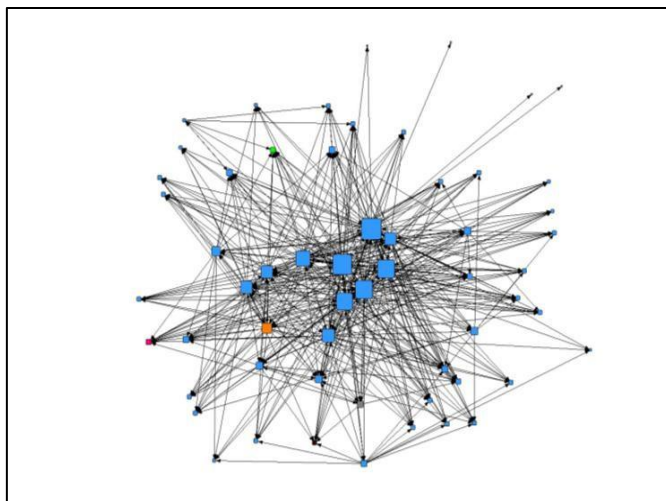


Figura 3: Mapa interacciones semana 5.

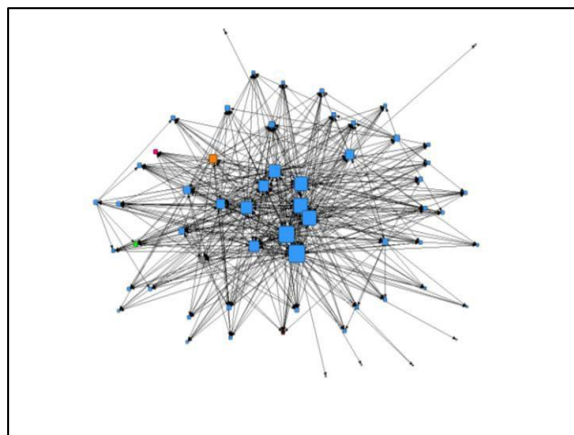


Figura 4: Mapa interacciones semana 10.

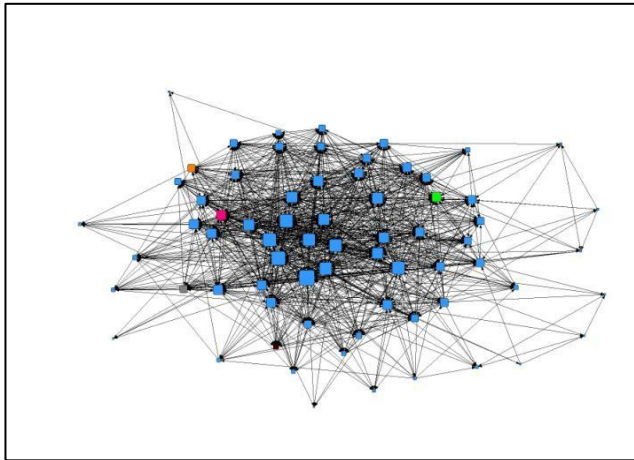


Figura 5: Mapa interacciones semana 16.

En la siguiente tabla podemos observar los porcentajes relacionados con el grado de centralidad de la red según los 5 casos seleccionados (aproximando números enteros en los casos en los que había más de 1%).

Tabla 4. Alumnos con baja puntuación MSLQ. Centralidad en distintas semanas. *outdegree **Indegree

Alumno	MSQL	Semana 3	Semana 5	Semana 10	Semana 16
1	3,1	0.4*/0.11**	41*/9**	40*/9**	33*/10**
2	3,2	0.16*/0.10**	15*/12**	21*/13**	19*/17**
3	3,2	0*/0.18**	0*/19**	0*/18**	18*/28**
4	3,2	0*/0.12**	0*/15**	0*/15**	0*/19**
5	3,2	0*/0.14**	0*/19**	0*/18**	6*/31**

Debe señalarse también, que a medida que pasan las semanas del curso aumenta el número de nodos e interacciones, de 49 nodos en la 3ª semana, a 65 en la semana 16, entendiéndose que los 7 restantes (pues son 72 alumnos los matriculados en la asignatura) pueden, o bien haber abandonado la materia, no formando parte de la plataforma, o no haber interactuado hasta el momento con ningún compañero.

Las relaciones entre los datos extraídos en el ARS con las calificaciones resultantes de la evaluación procesual, que realizaron los docentes de la asignatura, muestran que existe relación entre las calificaciones del alumnado y el sitio que ocupa en el grafo. No todos los alumnos que se encuentran representados en el centro son los que mejores notas poseen. Sin embargo, hay que señalar que aquellos que se encuentran en los márgenes más externos se corresponden en su gran mayoría, con aquellos que peores notas poseen en la materia.

Sin embargo, a medida que avanza la materia, las posiciones de muchos de estos alumnos tienden a ser más céntricas, por lo que podría entenderse que la materia ayuda a los alumnos que peor se desenvolvían en sus inicios, a poner en marcha estrategias para mejorar, la que aquí se recoge tiene que ver con la interacción con sus compañeros/as. Debe resaltarse además que en la última semana analizada todos los alumnos han

recibido algún comentario (no existe el 0% indegree) aunque no todos los estudiantes son igual de activos a la hora de iniciar o responder a esas interacciones.

6. CONCLUSIONES

Como señalan las investigaciones, la regulación del aprendizaje individual y social depende de la situación, de las características individuales, el papel del contexto, el tipo de tarea y el apoyo que reciban [27].

El estudio realizado ha puesto de relieve que las redes sociales posibilitan el desarrollo de habilidades de aprendizaje autorregulado en un contexto donde la participación, entendida a través de los comentarios, puede ser fundamental. La relación entre las creencias que tiene el alumnado sobre sus estrategias de motivación y aprendizaje y el proceso de enseñanza desarrollado, ha evidenciado que aquellos que tienen una mejor valoración (MSLQ) tienden a establecer más conexiones con otros, situándose en el centro del grafo a medida que avanza la asignatura. Esto indica que se utilizan estrategias de apoyo con otros compañeros, al mismo tiempo que ofrece nuevas evidencias acerca del valor de la dimensión social en el proceso de autorregulación del aprendizaje. En este sentido, se ha detectado que a través de la propuesta de enseñanza y aprendizaje planteada, los alumnos que menos habilidades poseían al inicio, comienzan a desarrollar estrategias socio-reguladoras apoyándose en los otros (Figura 1), que se transforman en andamios para la mejora de su propio proceso. Podría indicarse que las estrategias de los alumnos que se encontraban más débiles (según el cuestionario), comienzan a fortalecerse en una metodología de enseñanza donde el alumno es el protagonista [28].

Por otro lado, existe relación entre la posición en el grafo y los índices sobre los que se asienta, y las calificaciones obtenidas en la evaluación de proceso. Aquellos que se sitúan en los bordes del grafo obtienen baja calificación porque no poseen estrategias socio-autorreguladoras tales como, pedir apoyo y ayuda de otros compañeros, interactuar, etc. La co-regulación del aprendizaje implica la reconstrucción de la propia regulación, incorporando habilidades aún más complejas [29], por este motivo el alumno con menos estrategias podría tardar en sumergirse en el entorno y comenzar a nadar hacia el centro de este entramado.

A lo largo de las semanas, ha aumentado la interacción entre los nodos, construyendo una red más descentralizada y unida donde el protagonismo está dividido entre muchos de sus actores. Se puede interpretar que la propuesta metodológica propicia las interacciones, pues ningún alumno permanece totalmente aislado en una red que mantiene viva su dimensión “social”. Los andamios entre el alumnado tienen cabida en esta madeja de interrelaciones donde la regulación social del aprendizaje adquiere todo su sentido.

Además de las conclusiones que se extraen de este análisis, se considera interesante hacer algunas observaciones de cara a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje en la Educación Superior:

- Las relaciones observadas entre el número de interacciones y la mejora de los resultados evidencian, una vez más, la importancia de la dimensión social en el aprendizaje [13].

Romper con el aislamiento del alumnado y aprovechar las posibilidades que nos ofrece el trabajo colaborativo debe ser uno de los objetivos de la enseñanza universitaria.

- Las redes sociales académicas son espacios apropiados para el trabajo en habilidades de co-regulación. Sin embargo, el trabajo en este entorno exige tener en cuenta la propuesta metodológica que limita o posibilita estos aspectos.
- La enseñanza tendría que abogar por un alumnado protagonista de su aprendizaje que pueda no sólo seguir el camino marcado, sino crear el propio, con el apoyo del docente, y el de sus compañeros.
- Trabajar en la mejora del aprendizaje socio-autorregulado de nuestros alumnos debería ser más que una opción. Capacitarlos para “aprender a aprender” es quizás como dijo Weinstein [34] la meta más importante de la educación universitaria.

7. REFERENCIAS

- [1] Pintrich, P. R. 2000. The role of goal orientation in self-regulated learning. En *Handbook of self-regulation*. Ed. Pintrich, P. R. y Zeidner, M. San Diego, CA, Academic Press, 452–502.
- [2] Cebrián, M. 2009. Nuevas formas de comunicación: cibermedios y medios móviles. *Comunicar*, 33, 10-13. DOI: 10.3916/c33-2009-01-001.
- [3] Pintrich, P.R., Mckeachi, W. J., Smith, D.A., Doljanac R, Lin, Y.G., Naveh-Benjamin, M., Crooks, T. and Karabenick, S. 1991. *A manual for the use of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. National Center for Research to Improve Post secondary Teaching and Learning. University of Michigan, Michigan.
- [4] Coll, C. y Monereo, C. 2008. *Psicología de la educación virtual*. Morata, Madrid.
- [5] Azevedo, R., Moos, D., Greene, J., Winters, F. y Cromley, J. 2008. Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia?. *Educational Technology Research and Development*, 56, 1, 45–72. DOI 10.1007/s11423-007-9067-0.
- [6] Kitsantas, A. y Dabbagh, N. 2011. The role of Web 2.0 technologies in self-regulated learning. *New Directions for Teaching and Learning (NDTL)*, Summer 2011, 126, 99-106. DOI: 10.1002/tl.448.
- [7] Rué, J. 2009. *El Aprendizaje Autónomo en Educación Superior*. Narcea.
- [8] Espuny, C., González, J., Lleixà, M. y Gisbert, M. 2011. Actitudes y expectativas del uso educativo de las redes sociales en los alumnos universitarios. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 8, 11, 171-185.
- [9] Banks, S., Goodyear, P., Hodgson, V. y McConnell D. (eds). 2004. *Advance in Research on Networked Learning*. Kluwer Academic Publishers.
- [10] Zimmerman, B.J. 2001, Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. En *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*, Ed. Zimmerman B. y Shunk, D. Hisdale, NJ, Erlbaum, 1–37.
- [11] Martín, A. V. 1999. Más allá de Piaget: Cognición y Educación. *Teoría de la educación*, 11, 127-157.
- [12] Nuñez, J.C. 2009. Motivación, aprendizaje y rendimiento académico. En *Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*. Universidade do Minho (Septiembre 9-11, 2009), Braga, 41-67.
- [13] Vygotsky, L.S. 1987. *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. Editorial Científico Técnica, La Habana.
- [14] Huber, G. 2008, Aprendizaje activo y metodologías educativas Active learning and methods of teaching, *Revista de Educación*, Special Number, 59-81.
- [15] Fiona, A., Järvelä S. y Miller, M. 2011. Self-Regulated, Co-Regulated and Socially Shared Regulation of Learning. En *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*, Ed. Fiona, A., Järvelä, S. y Miller, M. New York, Routledge. 65-87.
- [16] Molenaar, I. y Järvelä, S. 2014. Sequential and temporal characteristics of self and socially regulated learning *Metacognition Learning*, 9, 1, DOI 10.1007/s11409-014-9114-2.
- [17] Hadwin A.F. y Oshige, M. 2011. Self-regulation, co-regulation, and socially-shared regulation: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory, *Teachers College Record*, 113, 2, 240-264.
- [18] Hadwin, A.F., Wozney, L. y Pontin, O. 2005. Scaffolding the appropriation of self-regulatory activity: A socio-cultural analysis of changes in teacher-student discourse about a graduate student portfolio. *Special Issue of Instructional Science*, 33, 413- 450.
- [19] Siemens, G. 2006. Connectivism: Learning Theory or Pastime of Self-Amused. Recuperado de: http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism_self-amused.htm.
- [20] Harasim, L., Hiltz, S.R., Teles, L. y M. Turoff., 1995. *Learning networks: a field guide to teaching and learning online*. Cambridge: MIT Press.
- [21] Bustos A. y Coll, C. 2010. Los entornos virtuales como espacios de enseñanza y aprendizaje. Una perspectiva psicoeducativa para su caracterización y análisis, *Revista mexicana de investigación educativa*, 15, 44, 163-18.

- [22] Gewerc, A. y Montero, L. 2013. De las redes sociales para el ocio a las redes sociales para la academia, En *Educación, medios digitales y cultura de la participación*, Ed. Aranda, D., Creus, A. y Sánchez-Navarro, J. UOCprees, Barcelona, 197-222.
- [23] Garrison, D.R. y Anderson, T. 2005. *E-learning en el siglo XXI*, Octaedro, Barcelona.
- [24] Siemens, G. y Weller, M. 2011. La enseñanza superior y las promesas y los peligros de las redes sociales. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 8, 171-185.
- [25] Mollis, M. 2013. La universidad en el contexto de los modelos neoliberales. En *Conocimiento Tecnologías y Enseñanza, Políticas y prácticas universitarias*, E.d. Gewerc, A, 65-75, Graó, Barcelona.
- [26] Gewerc, A., Montero L. y Lama, M. 2014. Colaboración y redes sociales en la enseñanza universitaria. *Comunicar XXI*, 42, 56-63. <http://dx.doi.org/10.3916/C42-2014-05>
- [27] Volet, S. y Järvelä, S. 2001. *Motivation en Learning contexts: Theoretical and methodological implication*. Pergamon: An Imprint of Elsevier Science, Oxford, UK.
- [28] Ellis, R. y Goodyear, P. 2010. *Students' Experiences of e-Learning in Higher Education: The Ecology of Sustainable Innovation*, RoutledgeFalmer,
- [29] S. Järvelä, y H. Järvenoja. 2011. Socially constructed self-regulated learning in collaborative learning groups. *Teachers College Records*, 113, 2, 350-374.
- [30] Winne P.H. y Perry, N.E. 2000. Measuring self-regulated learning. En *Handbook of self-regulation*, Ed. Boekaerts, M., Pintrich, P.R., Zainer, M. California, Academic Press, 531-566.
- [31] Long P. y Siemens, G. 2011. Penetrating the fog. Analytics in learning and education. *Revista Educause*, 5, 46, 31-40.
- [32] Donolo, D., Chiecher, A. y Rinaudo, M. C. 2003. Motivación y uso de estrategias en estudiantes universitarios. Su evaluación a partir del Motivated Strategies Learning Questionnaire, *Anales de Psicología*, 19,1, 107-119.
- [33] Roces, C., Tourón, J. y González, M. 1995. Motivación, estrategias de aprendizaje y rendimiento de los alumnos universitarios. *Bordón*, 47, 1, 107-120.
- [34] Weinstein, C.E. 1992. Students At-Risk for Academic Failure: Learning to Learn Classes. En *Handbook of College Teaching: Theory and Applications*, Ed. Prichard K.W y Sawyer, M. EE.UU, Greenwood Press. 375-385.

Producción Colaborativa en Latinoamérica de Libros de Texto Abierto en Interacción Humano Computadora

Jaime Muñoz Arteaga
Héctor Cardona Reyes
Universidad Autónoma de
Aguascalientes Av. Universidad #940
Aguascalientes, Ags., México
C.P. 20131 +52 (449) 910 8417
jmauaa@gmail.com
k6550g@gmail.com

César A. Collazos Ordóñez
Universidad del Cauca, Popayán
Sector Tulcan, Colombia
+57-282-0p9800 Ext. 2133
ccollazo@unicauca.edu.co

Viviana Bustos Amador
Francisco J. Álvarez Rodríguez
Universidad Autónoma de
Aguascalientes Av. Universidad #940
C.P. 20131 +52 (449) 910 7400
ic.viviana.b@gmail.com
fjalvar.uaa@gmail.com

RESUMEN

El área de Interacción Humano Computadora (IHC) ha adquirido gran importancia en las últimas décadas, su principal objetivo es incrementar la calidad de la interacción entre el usuario y las tecnologías de información. Constantemente surgen cambios tecnológicos y, por ende, es necesario contar con contenido educativo para conocer e investigar más en el área de IHC, una de las principales complicaciones en Latinoamérica es el acceso a estos materiales: la disponibilidad, costo de los libros e idioma en el que se encuentran. Como una manera de dar respuesta a esta problemática, el presente trabajo aplica un proceso de producción colaborativa de libros de texto abiertos, para lo cual debe unir el esfuerzo de profesores e investigadores de América Latina para aportar un libro de texto para la comunidad de IHC en español. También se busca que sigan compartiendo experiencias en el tema de IHC para lograr mejoras continuas en procesos de producción de libros de texto abiertos a nivel Latinoamérica.

Palabras Claves.

Interacción Humano-Computadora, Libros de texto abierto, ambientes colaborativos, Instituciones de educación superior.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el área de investigación y docencia especializada en la Interacción Humano-Computadora (IHC) tiene gran actividad, dinamismo y presencia entre grupos académicos de universidades y centros de investigación alrededor del mundo. La Interacción Humano-Computadora (IHC) es la rama dentro de las ciencias de la Computación que estudia las capacidades y limitaciones de interacción del hombre, las computadoras y de la relación entre ambos. En otras palabras, la IHC estudia de qué manera se puede aplicar la tecnología informática para hacerla más fácil de usar por el ser humano [10].

De lo anterior, se desprende que precisamente la IHC juega un rol preponderante en el diseño de los sistemas computacionales, lo que propicia su inclusión en el currículo de Ingeniería en Computación. Así pues, la IHC es un área que frecuentemente se engloba dentro de la Ciencia de la Computación, la Informática, la Psicología, el Diseño, la Ergonomía o la Administración, esto en sí mismo apunta a un carácter multidisciplinario. Por ello, investigadores y docentes realizan sus aportes en conferencias, donde se convoca a miles de académicos y profesionales, lo que da como resultado la existencia un centenar de grupos de investigación de diferentes países que se hacen llamar a sí mismos de IHC[9].

En la región de Latinoamérica, al día de hoy, ya cuentan con profesores investigadores activos en IHC, muchos de ellos relacionados con comités locales de IHC; incluso con los espacios de divulgación. Chile, México y Brasil son los países que cuentan con más comités y congresos relacionados con el área de IHC [3], algunos de ellos son: Grupo de Interés especial en IHC (ACM SIGCHI), Asociación de Profesionales en la Experiencia del Usuario (UxPA), Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora A.C. (AMexIHC); además de varios foros, por ejemplo Interaction, MexIHC (Congreso Mexicano de IHC), Congreso Latinoamericano de Interacción Humano-Computadora (CLIHC), entre otros.

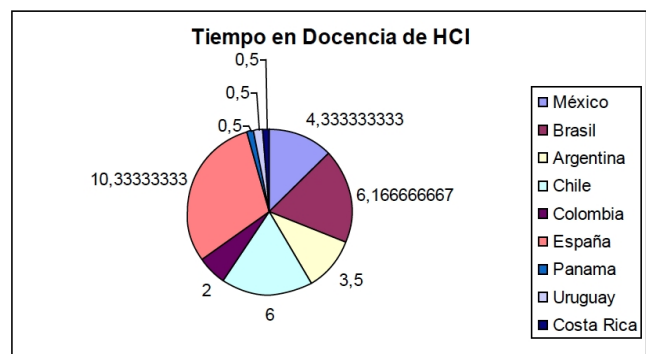


Figura 1.- Tiempo de docencia en años en IHC sobre todo en diferentes países de Latinoamérica, conforme a Collazos [3]

Ahora bien, la figura 1 muestra que Brasil, México, Chile y Colombia son los países que tienen mayor tiempo (años) impartiendo cursos de IHC, esto conforme a Collazos [3]. Inicialmente la literatura disponible para el aprendizaje y la formación en IHC era en base a contenidos en inglés y, hasta inicios del presente siglo, varios libros provenientes de España, aun así los procesos educativos en general no son similares a los llevados a cabo en América Latina.

A diferencia de los contenidos tradicionales, los libros de texto abiertos podrán imprimirse las veces que se requiera, se podrá acceder a los libros electrónicos o e-libros con las capacidades adicionales de contenido multimedia como vídeos, audio, animaciones, contenido y aplicaciones interactivas en 3D y la posibilidad intrínseca de ser actualizados con la frecuencia necesaria [2,8].

Con el fin de responder a las necesidades de formación y difusión del área de IHC, el presente trabajo presenta estrategias y resultados

sobre la producción colaborativa para un libro de texto de IHC y, al mismo tiempo, permite compartir experiencias para seguir con la mejora continua en procesos de producción de libros de texto abiertos a nivel Latinoamérica.

La estructura del presente trabajo plasma en la siguiente sección, con mayor detalle, la problemática de producción de bibliografía en IHC en la región de Latinoamérica, posteriormente presenta las secciones sobre el modelo de proceso y las estrategias de producción de un libro de texto de IHC en dicha región. Finalmente, presenta la sección de conclusiones.

2. PROBLEMÁTICA

Los profesores investigadores de Latinoamérica en el área de IHC han realizado verdaderos esfuerzos para la difusión y publicación de materiales, así como para la formación de estudiantes. Collazos [3] muestra desde el 2010 una serie de perspectivas que se tiene en la docencia de IHC, destacan: agregar cursos de IHC en la malla curricular de los programas de ciencias de la computación (39%), incluir cursos más formales (16%), involucrar personal más capacitado para su enseñanza (16%); sin embargo, no se debe perder de vista que uno de los mayores problemas es la falta de libros, contenidos y recursos educativos relacionados con esta área.

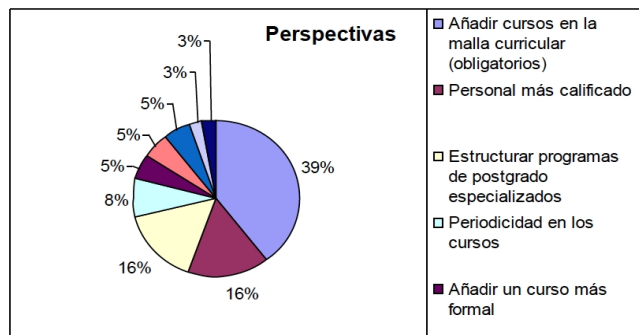


Figura 2.- Perspectivas en la docencia en el IHC conforme a Collazos [3].

Desafortunadamente en Latinoamérica ha sido más difícil el acceso a los libros de texto, en gran medida debido a los altos costos, además de que dichas publicaciones se encuentran en otro idioma y en contextos diferentes, esto hace inaccesible este tipo de materiales para los estudiantes de las IES de Latinoamérica [7].

Una de las raíces de los altos costos de los libros de texto es que la mayoría de ellos se producen fuera de la región [2]. Este problema de fondo no está relacionado con la falta de capacidad de producción, sino con la dificultad que tienen los profesores o autores locales para publicar y distribuir sus libros. El problema con el origen de los libros de texto tiene varias consecuencias adicionales, aparte de su costo; la mayoría de los libros de texto no están adaptados al contexto de la Educación Superior en Latinoamérica, las versiones más recientes no están disponibles en un idioma que dominen la mayoría de los profesores y estudiantes, lo cual crea una percepción dañina sobre los segundos, al percibir que el conocimiento siempre llega del exterior

Como una manera de mitigar esta problemática, el presente trabajo presenta un modelo de producción de libros de texto abiertos. A partir de dicho modelo se presenta la producción colaborativa de un libro de texto que pueda ser disponible y útil para la comunidad IHC. A la vez de un medio que pueda mejorar las perspectivas del área expuestas en el trabajo de Collazos [3].

3. MODELO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN COLABORATIVO

El proceso colaborativo de producción de libros de texto aquí propuesto presenta un enfoque iterativo, en donde la producción de contenidos es dirigida por el usuario. Se consideran todos los materiales que puede crear y compartir con otros usuarios, para así contar con material diverso, que además puede ser utilizado por otros usuarios y al aportar contenido de autoría propia, es posible producir libros de texto personalizados. Dicha producción está influenciada en gran parte por el aprendizaje, redes de colaboración y su participación en la Web. Aquí el contenido se recupera, se recomienda, se agrupa, etc., brindando la posibilidad de que un aspirante se pueda integrar para producir nuevas versiones del contenido y pueda ser evaluado por el mismo equipo de especialistas involucrado desde la primer iteración [2].

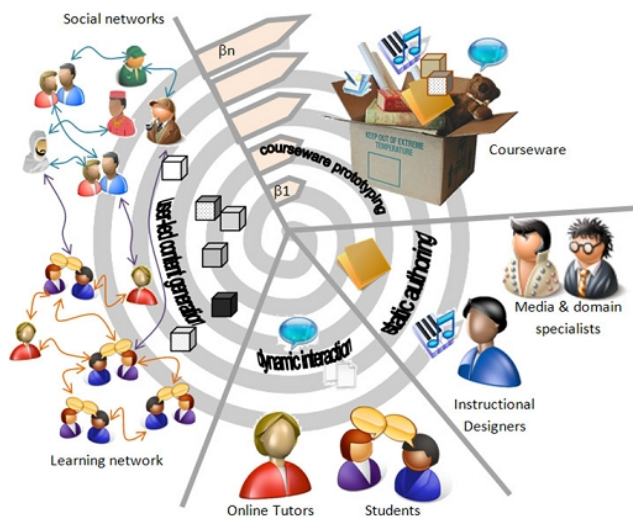


Figura 3.- Proceso para la producción colaborativa de libros de texto abiertos conforme a Ochoa [2]

El proceso sobre la producción colaborativa de libros abiertos de la figura 3, implica que por cada iteración, hay incrementos tanto en los productos a desarrollar, como en la interactividad de los participantes. La puesta en práctica de dicho modelo requiere que se tome en cuenta tres factores mínimos:

Definición de roles de los actores: Es la determinación de actividades, reconocimiento y responsabilidades para los participantes, por ejemplo, proveedores de contenidos, revisores, distribuidores, validadores, incluso diseñadores, etc.

Entorno colaborativo: El cual permita la creación de comunidades de conocimiento mediante la integración de posibles autores de contenidos abiertos que puedan interactuar y generar temáticas de discusión que aporten calidad a los libros de texto abiertos, todo con base en la creación de grupos de trabajo colaborativo de algún tema de interés común.

Difusión de los contenidos y la iniciativa: Mecanismos que permitan consultar con facilidad cualquier contenido disponible, producto del trabajo colaborativo y procesos de producción. Asimismo, el contenido puede ser comentado y aprobado por el usuario final mediante mecanismos sociales, que permitan conocer los intereses, tendencias de uso y preferencia de estos contenidos.

En cuanto al primer factor a continuación se muestra una serie de roles significativos para la producción de libro de texto.

Tabla 1. Roles para la producción de un libro texto abierto.

Rol	Descripción
Organizador de grupos	Crear grupos de escritura, aceptar o rechazar solicitudes para la adhesión de nuevos miembros al grupo de escritura y gestionar los permisos para cada miembro del grupo de escritura.
Organizador de contenidos	Crea un nuevo proyecto de producción de libro, detalla la información general, define la estructura, define los contenidos y controla el estado de producción.
Productor de contenidos	Crea los contenidos, los edita, puede reutilizar otros contenidos existentes en la red y los libera ya terminados.
Generador de ideas	En general, fomenta que se dé la lluvia de ideas para la creación y perfeccionamiento de los contenidos por medio de post entre los miembros de la comunidad, comentarios en los contenidos, etc.
Revisor	Expone a los miembros del grupo de trabajo comentarios sobre los contenidos.
Diseñador de plantillas	Crea plantillas y elementos de diseño del libro.
Traductor	Gestiona la traducción de contenidos a diversos idiomas.
Acreditador	Revisa y valida el libro con base en diversos criterios de calidad (contenido tecnológico, pedagógico y estructura del leguaje).

En cuanto a los 2 últimos factores, es importante mencionar que la producción colaborativa y la coordinación de actividades implica el uso de computadoras y redes de cómputo donde exista software propio para dar soporte a grupos de personas que trabajan en una tarea común, una interfaz que permite un entorno en el cual los recursos se puedan compartir con el apoyo de servicios integrados tales como email, archivos, grupos de noticias, chats, hipertextos y grupos de discusión.

4. ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN DEL LIBRO DE IHC

El proyecto LATIN ("Latin America open Textbook Initiative"), tiene como objetivo disminuir el problema de los altos costos de libros de textos en la Educación Superior en América Latina. Una de las acciones principales del proyecto LATIN es la creación y diseminación de una iniciativa para la producción colaborativa de Libros de Textos Abiertos para la Educación Superior [1]. Esta iniciativa ha permitido apoyar a los profesores de diferentes IES en Latinoamérica y colaborar con sus colegas de otras IES de la región para crear capítulos y libros de texto diseñados exclusivamente para cubrir las necesidades de sus cursos. Estos libros estarán disponibles de forma gratuita para que los estudiantes los lean, impriman y compartan, y para que otros profesores los adapten, traduzcan, distribuyan y mezclen nuevamente. El proyecto tomará en cuenta los temas pedagógicos, tecnológicos y políticos necesarios para que dicha iniciativa funcione exitosamente en los países de Latinoamérica.

Dentro de la convocatoria se aceptaron 26 propuestas de libros de texto abiertos, de las cuales se han publicado y, por lo tanto, se encuentran disponibles un total de 12 libros, el resto se está maquetando y aplicando formato antes de su publicación[5].

Gracias al apoyo del proyecto LATIN fue posible cubrir la necesidad de elaborar un libro de texto abierto relacionado al área de Interacción Humano Computadora, ya que brindó la oportunidad de trabajar de forma colaborativa con un grupo de docentes e

investigadores de distintas IES de Latinoamérica. El proyecto LATIN ha generado una plataforma de colaboración y producción del libro de IHC, de manera que los profesores y autores pueden contribuir con secciones o capítulos para que sean reunidos en los libros personalizados por toda la comunidad².

La pantalla de la figura 4 presenta un momento dado del espacio de colaboración para el grupo de escritura en IHC formado por profesores e investigadores, gracias a las herramientas colaborativas disponibles por el proyecto LATIN, se inició con la formación de equipos de trabajo colaborativo entre los profesores investigadores afines con el área de conocimiento, además, se define un título tentativo de la propuesta y algunas otras ideas como aporte en las primeras iteraciones del proceso, que consistió sobre todo en la formación de los grupos de escritura del libro de IHC.

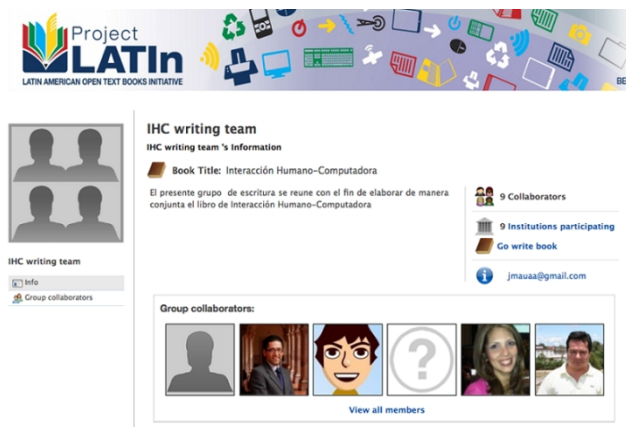


Figura 4. Espacio de colaboración del libro de IHC

Ahora bien, con el fin de facilitar al usuario la lectura, todos los capítulos del libro cuentan con la misma estructura, es decir, con el objetivo del documento y con apartados sobre la teoría, la práctica, ejercicios resueltos, autoevaluación y bibliografía. De tal forma que la parte práctica y la de ejercicios resueltos ilustran cómo aplicar los conocimientos teóricos, y la evaluación permite al usuario revisar y medir sus conocimientos en el tema.

El conjunto de capítulos aportados al libro de texto van desde los fundamentos en IHC, hasta temas especializados, pasando por capítulos sobre el diseño, desarrollo y evaluación de aplicaciones interactivas (ver figura 5). El libro puede ser utilizado como apoyo o de base para cursos de enseñanza en IHC tanto a nivel pregrado como de posgrado.

Para la elaboración de contenidos, existen diversas plataformas como herramientas colaborativas para la creación de libros de texto como WikiLibros, Connexions, PressBooks, WidBook, Sophie 2.0 y BookType¹, siendo esta última la que se utilizó dentro del proyecto LATIN(ver figura 5), puesto que facilita procesos como colaborar, organizar, editar y publicar libros. Esta plataforma tiene sencillas herramientas para edición, escritura e inserción de tablas e imágenes, por ejemplo, los libros son divididos en capítulos que están disponibles para ser editados, además, se genera un registro de los capítulos que son editados, incluyendo quien lo edito y a qué hora se realizó dicha modificación. Los libros pueden ser publicados en diferentes formatos, principalmente pdf, en la figura 5 se muestra un ejemplo de esta plataforma.

¹ <http://escritura.proyectolatin.org/>

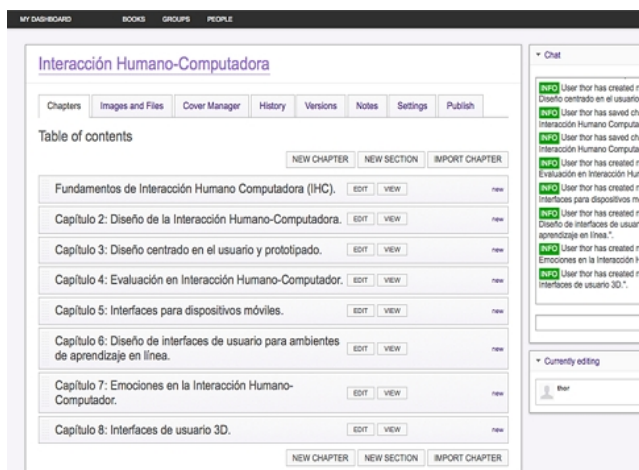


Figura 5. Conjunto de capítulos del libro de IHC.

Ahora bien, los profesores participantes en el libro de IHC llevaron a cabo diferentes roles. La figura 6 muestra los roles de los actores clasificados por color; como el responsable, comunicador, generador de ideas, etc., todos los usuarios pertenecen a diversas IES de Latinoamérica. Para la producción del libro se muestra también la distribución de capítulos y los usuarios que están involucrados en cada uno de ellos, de esta manera se establecen cargas de trabajo y objetivos a alcanzar.

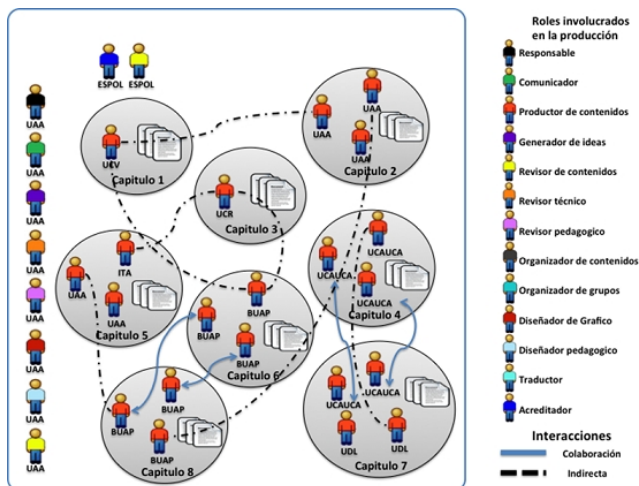


Figura 6. Representación de la colaboración de actores con sus roles aportando capítulos al libro de IHC.

Note que a diferencia de la producción de un libro tradicional, al conformar una comunidad de escritura, los profesores investigadores participantes en el libro de IHC pueden aportar directamente a su(s) capítulo(s) de interés y pueden también interactuar con otros miembros de la comunidad para compartir ideas, estrategias y puntos de vista, entre otras, para la conformación de libro en general.

La difusión de los contenidos del libro de IHC está bajo el licenciamiento de Community Commons [4] a liberarse el próximo año a través de la plataforma del proyecto LATIN y así facilitar el

acceso digital y gratuito del libro de texto abierto en IHC a comunidades de profesores y estudiantes a nivel América Latina.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo expone el modelo de proceso, actividades y estrategias tanto de la producción de contenidos como de la colaboración de profesores investigadores de algunas IES de Latinoamérica llevadas a cabo para el libro de texto Interacción Humano Computadora (IHC). El libro es una respuesta alternativa al vacío que aún hay el día de hoy de recursos bibliográficos en IHC y pueda ser utilizado como libro de texto abierto para cursos de enseñanza en IHC tanto a nivel pregrado como de posgrado. Cabe mencionar que se lograron alcanzar varios resultados intermedios durante el proyecto, que van desde las metodologías para la creación en colaboración de los Libros de Texto Abiertos, una plataforma tecnológica para la creación, adaptación, mezcla y reutilización colaborativa de libros de texto abiertos, hasta las estrategias para la implementación y adopción de la iniciativa de libros de texto abiertos. El trabajo futuro aún es vasto, sobre todo en atender la satisfacción del usuario y concretar de manera extensa los canales de difusión del libro de texto en IHC a nivel Latinoamérica.

6. REFERENCIAS

- [1] H. Jan. Giving. 2007. *Knowledge for Free: The Emergence of Open Educational Resources*. Paris, France: OECD Publishing.
- [2] Ochoa, X.; Sprock, A. & Silveira, I. 2011. Collaborative open textbooks for Latin America - The LATIn Project Information Society (i-Society), *2011 International Conference on*, 398-403.
- [3] Collazos César A., Granollers Toni, Ortega Manuel. 2010. Hacia una Integración de la Interacción Humano-Computador en las Estructuras Curriculares a Nivel Iberoamericano, *Revista Internacional de Educación de Ingeniería*, ISSN 1940-1116.
- [4] *Community Commons*. 2014. Acceso al sitio en Mayo 01.; <http://www.communitycommons.org/>
- [5] Ochoa Xavier. 2011-2014. *Proyecto LATIn ("Latin America open Textbook Initiative")*, Iniciativa Latino Americana de libros de texto abiertos. Poroyecto Alfa III, (DCI-ALA/19.09.01/11/21526/279-155/ALFA III(2011)-52). <http://latinproject.org/index.php/es/>
- [6] Álvarez Rodríguez Francisco, Muñoz Arteaga Jaime. 2011. *Avances en objetos de aprendizaje: experiencias de redes colaboracion en México*, UAA Editorial, primera edición, ISBN 978-607-8227-00-6, Volumen 1, pp 260.
- [7] Muñoz Arteaga Jaime, Álvarez Rodríguez Francisco J., y Chan Nuñez Ma. Elena. 2007. *Tecnología de objetos de Aprendizaje*, Editorial Universidad Autónoma de Aguascalientes & UdG Virtual, November 2007, ISBN: 970-728-065-4, pp 423.
- [8] Dix Alan et al. 2003. *Human-Computer Interaction* (Segunda Edición) Pearson Prentice Hall.
- [9] Preece Jenny et al. *Human-Computer Interactio (HCI)*. 2007 Wiley.

Evaluation of the collaboration process from an individual and collaborative perspective

Mayela Coto
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica
mcoto@una.cr

Sonia Mora
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica
sonia.mora.rivera@una.cr

Cesar Collazos
Universidad del Cauca
Colombia
ccollazo@unicauca.edu.co

ABSTRACT

Many proposals to evaluate the collaborative process focus on "measure" the group's participation in the fulfillment of the activity and do not consider the individual aspect. This paper reports the results of an exploratory study which aims to analyze the potential of the Google Drive (GD) tool for assessment of collaborative work process from an individual and collaborative perspective.

Categories and Subject Descriptors

H. Information Systems

H.5 Information Interfaces and Presentation

H.5.3 Group and Organization Interfaces - *Computer-supported cooperative work*

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Collaborative learning, CSCL, group evaluation, individual evaluation, Google Drive

1. INTRODUCTION

It has been widely documented that, properly used, technology can be a tool that positively impacts the teaching and learning processes [1][2]. It can become an ally for faculty in the processes of design, planning, development, implementation and evaluation of an educational process, in addition to facilitating the interaction between them and students.

Additionally, the technology has the potential to contribute to the development of learning environments promoting the overall development of students and their multiple capabilities [3]. It can motivate individual work, and encourage interaction with other students. In this manner, technology can add a new dimension to collaborative learning perspective, understood as one in which students work with peers to achieve common learning goals [4].

Collaborative learning aims to encourage students to build knowledge through exploration, discussion, and negotiation [5]; however it is important to understand that putting a group of students around a common task does not guarantee a true collaboration, to accomplish this it is necessary to structure activities that promote such collaboration [6], [7].

One of the most complex aspects of collaborative learning is aspect related with evaluation. Although there are several mechanisms and proposals to assess the collaboration process

there is still no fully accepted model due to the variety of aspects to analyze. Many proposals focus on trying to "measure" the group's participation in the conduct of the activity and do not consider the individual aspect. According to [8], when teachers evaluate a whole group equally a disincentive to work occurs among students because some of them tend to work less and take advantage of the efforts of others, aspect called as free-riding. This in turn causes some faculty to look at collaborative work skeptically by not allowing them to properly identify individual effort.

One of the essential components in collaborative learning is individual responsibility associated with the group work. Each member is responsible for accomplish their task without taking advantage of the other group members' efforts. The group should be able to assess both the progress made in achieving the objectives and the efforts of each group member. This individual contribution in group work is an important element that generates extensive discussions among faculty that, while promoting collaborative learning in their class, face the challenge of evaluating the learning of content and the development of implicit skills in collaborative experiences. However, according to [7], the individual contribution in this type of pedagogical approach has been scarcely studied.

In this manner, this paper reports the results of an exploratory study which aims to analyze the potential of the Google Drive tool (GD) for assessment of collaborative work process, comprehensively considering both group work and individual contributions. The remainder of this paper will proceed as follows. Section II will review the theoretical framework, while section III will provide an overview of the study methodology and the design of the activity. Section IV presents the results, and the paper closes with concluding remarks in section V.

2. THEORETICAL BACKGROUND

2.1 Collaborative Learning

According to [9], in today's society a social and interdependent perspective of each of the members of a society is being imposed, in which the unavoidable need for collaboration with others is required, and where every time there's less room to accommodate persons acting as isolated and independent beings.

The term collaborative learning refers to a teaching-learning strategy in which students have to work with others to meet a learning objective and achieve a certain task. This implies the need for mutual commitment between students and establishes a coordinated effort to respond to the assigned task [10]. Thus, this way of learning is far from competitive or individualistic

methodologies that do not require interaction with other students [11].

In [3], the author indicates that collaborative learning facilitates the disappearance of students as passive observers and repetitive receptors, creating spaces for confrontation of multiple perspectives and negotiation in a learning process that leads to the integral development of the participants. In collaborative learning each of the group members must be committed to the goal of the group, and be aware that their contribution to the group is not competitive but part of a positive interdependence where achieving the joint goal is more important than individual contributions [12].

In this way collaborative learning creates spaces with multiple possibilities and opportunities for exchange, encouraging the development of individual and group skills from the negotiation between the students, promotes the growth of the group and a better knowledge transfer than individual learning [13] [14].

In [15] the following characteristics of collaborative learning are highlighted: (1) positive interdependence: to pursue a common goal, group members are motivated to help each other; (2) encouraging interaction: members of a group must interact with each other to solve the problem efficiently through individual contributions; (3) individual responsibility: each member of the group takes its responsibility to contribute to the learning of all; (4) development of skills: working together students develop academic skills and interpersonal skills such as teamwork, leadership, and negotiation; (5) assessment of group members: maintain a good working relationship with others and be willing to give and receive feedback and constructive criticism on individual and group contribution. All the above characteristics make collaborative learning a form of desirable learning.

According to [16], the two main characteristics of collaborative learning are positive interdependence and individual responsibility. Additionally, according to [17], the key to understand collaborative learning is to recognize the relationships established between the learning situation, the interactions that emerge among students and therefore the processes and effects that are generated.

Collaborative learning is not a simple mechanism, because if you talk about "learning from collaboration" you must also speak of "learning by being alone". Cognitive systems of individuals do not learn because they are individual, but because they perform activities (reading, predicting, etc.) that involve some learning mechanisms (induction, prediction, compilation, etc). Similarly, the pairs do not learn because they are two, but because they perform some activities involving specific learning mechanisms. This includes the activities and / or mechanisms implemented individually, but also the interaction between partners generates additional activities (explanation, mutual regulations, etc.). The area of collaborative learning refers precisely to these activities and mechanisms. These may occur more frequently in a collaborative learning than in an individual context. However, there is no certainty that these mechanisms occur in any collaborative interaction. Moreover, they do not occur only during the collaboration. At a certain level of description - at least to a neuronal level - the mechanisms potentially involved in a collaborative learning are the same as those involved in individual cognition [17] [18].

In [7], the authors define the collaborative learning process as a set of activities to be performed by the facilitator and the students.

Those activities must be properly designed to ensure that the process is really effective. According to the type of tasks to be performed, the authors divide the process into three stages, where the first two are mainly associated with the facilitator and the last one with students: (1) pre-process: step in which the tasks for organization and strategy definition are set; (2) in-process: a step in which the interactions of the learning process take place, such as: positive interdependence, intra-group cooperation, control and monitoring of the success criteria, the mutual support, and the delivery of the final product; (3) post-process: step in which the assessment tasks are held.

2.2 CSCL

The CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) is an educational paradigm that focuses on the use of information and communication technologies (ICTs) as tools to enhance collaborative learning [19]. Generally, distributed CSCL environments involve students working in groups together on a common project or problem [20]. In this approach the collaborative learning elements are present, but the dynamic varies due to the use of technology to mediate learning. This mediation in addition to leading to changes in the organization of learning, also reported gains in student learning, such as critical thinking skills, independent learning and personal and social skills group [1] [2].

According to [21], collaborative learning mediated by the computer involves two important ideas. The first is the idea of learning in groups, interacting with others, taking as premise that sharing goals and distributing responsibilities are desirable forms of learning. Second, it emphasizes the computer as the mediating element that supports this process, favoring the processes of interaction and the joint solution of problems or assignments.

Collaboration can be seen as a special form of interaction. CSCL analyzes how technology and collaboration facilitates the sharing of knowledge and experience in work groups [22]. With ICT support, students can form their ideas, focus on the task and deepen together in the solution without having to be together physically.

Collaborative learning supported by ICTs, has the following benefits [3]: (1) encourages interpersonal communication to facilitate the exchange of information and dialogue and discussion among students; (2) facilitates collaborative work by allowing students to share information, work with documents and facilitate joint problem solving and decision making; (3) allows tracking the progress of the group, individually and collectively; (4) provides access to information and learning content; and (5) facilitates the management and administration of students.

However, despite its potential benefits, it is not easy to plan this kind of learning environments. As mentioned above, it is not enough to put a group of students to interact in order for learning to occur. Different elements must be articulated to achieve the joint processes of exchange and knowledge construction. Additionally, the design of the collaborative activities should promote that the success of an individual is linked to the success of the others [21] [7].

One way to promote positive interdependence, interaction and group process is by assigning roles to students. Groups also tend to function more effectively when members have designated roles. These roles can be determined by the facilitator or established by the groups themselves from a list, this will depend on criteria such

as educational maturity of the students, their familiarity with group work and the time available for the activity [16].

2.3 Evaluation

The evaluation process is a critical step in any educational process. According to [23] the evaluation is a key element because the information it provides to teachers and its implications for teachers, students, the educational system and society.

Many studies have emphasized the importance of the active participation and collaboration among students in order to solve a task properly. However, in most teaching-learning scenarios, evaluation of collaborative learning is done by measuring the quality of the end product or by examination or testing students to determine how much they have learned, i.e. a quantitative evaluation of the quality of the results of the collaborative process is obtained, leaving aside individual work [24]. This is because it is not easy to accurately determine the percentage of individual and group work [25].

Collaborative learning activities generally have among its objectives, the achievement of a collaborative product, the effective functioning of the work group and individual learning. According to [26], the best option you have to evaluate the collaborative process that takes place in a group of students is using information obtained through monitoring activity during development. This information must be quantifiable and easy to interpret. In this sense, one of the most important aspects in the evaluation of the collaborative process is the definition of a set of criteria used to qualify collaboration through the process.

In [24] and [7], the authors propose a collaboration index based on a simple average of five indicators of success in a collaborative learning process, based on the tasks outlined by [11]. The five indicators proposed by [24] are the use of strategies, intra-group cooperation, reviewing success criteria, monitoring and the ability to provide support. Then they establish a Cooperation Index (CI) as the average of these five indicators. In [7] [26], the "provide support" indicator is changed for the "performance" indicator, which is based on the outcome of the activity to measure overall performance of the group. Some of these indicators are strongly supported by the semantic analysis of the messages exchanged by the students in the collaborative process.

2.4 Technological Tools

The new forms of access to information, communication and new technology capabilities require university staff to adapt their methodologies and educational tools to the profiles of the new students. Currently there are numerous tools that facilitate the connection of students with thematic content through databases, specialized programs on the Internet, classifying documents programs, word processing programs to represent information, programs to develop the information obtained and programs to communicate and share information [27]. Additionally, there are numerous technological tools to promote collaborative learning among students, but these are not always introduced in teaching in a systematic way [28].

In the list of the top 100 learning tools-Top 100 Tools for Learning (<http://c4lpt.co.uk/top100tools/>) - the Centre for Learning & Performance Technologies, the Google Drive tool appears in the second position only overtaken by Twitter. This list

shows every year a review of international education experts on the best tools for teaching and learning.

Google Drive is a service for free online storing of files up to five gigabytes. Its main functionality is to allow several authors work collaboratively, synchronous or asynchronous, on various types of documents online - text, spreadsheets, presentations and forms- [29]. Each user has its own storage space, through which they can share documents with other users and access documents shared by other contributors. Users can have the owner role, the role of reviewers (can edit the documents and invite other users) or readers (can only read documents). Documents may have several partners but only one owner.

GD is a free and easy tool to use, only a web browser is needed, and it is not needed to install any external program to store and manage documents. Some of the features of this online service are: (1) edit documents online, synchronously or asynchronously, with the people invited as partners; (2) maintain, for simultaneous editing, a conversation "chat" with the reviewers; (3) it provides a historical revision of documents, with the ability to roll back to any version. The revision history allows users to see the changes made for each editor to a document and the date and time of the changes. GD is also a familiar tool for teachers and students. In this sense, GD represents many advantages to support the CSCL environments.

3. DESIGN OF THE ACTIVITY

Starting from the premise that educational activities are one of the best means of learning that students have, an exploratory collaborative activity took place in the EIF200 Introduction to Programming course during the 1st semester of the 2014 academic year. This course is the first career course of the Information Systems Engineering study program of the Universidad Nacional de Costa Rica.

With the knowledge that collaborative tools per se do not automatically produce collaborative processes [30], it was planned an activity that allowed, in the designated time, to achieve a common goal and encourage positive interdependence from each group member. The level of knowledge of students on the subject and the level of difficulty of the activity was also taken into account.

The activity was planned to take place in the computer lab with 5 groups of about 15 to 18 students each. The task was scheduled as follows: 2 groups from 7 to 9 am, 2 groups from 9 to 11 am, and 1 group from 11 to 1 pm. However, because of Internet overload on campus, the access to Internet on that day in particular was very unstable from 9am, so most groups faced serious problems with the activity. Because of this situation, the analysis was performed only for the 9 groups at 7 a.m. with a total of 36 students. The activity was designed to be carried out in the two hours established for class. Being this a limited amount of time, the choice of an easy tool to use was a very important point. It should not require too much explanation, and should facilitate the organization and negotiation process between the members of the groups previously established by each teacher. Considering that all students have an institutional Google email account, that the GD tool is easy to use and familiar to students, and it has a chat that allows the internal organization of the group, it was decided to select GD for the activity.

The objectives set by professors to achieve with the educational activity were the following: (1) that students learn and understood the main concepts associated with the organization of a computer (central processing unit, control unit, memory, processor, I / O devices, etc.); (2) that students could perform an collaborative activity using digital tools; (3) that students could properly appropriate some specific roles; (4) that students know a tool that facilitates collaborative work, more specifically GD.

Before the activity, each teacher conducted a previous work by creating the groups, a GD space for each group, and uploading a document that established the basis for the realization of the activity and the requirements necessary to achieve a good performance in it. Also an invitation was sent by email to each student according to the corresponding group. In Figure 1 the description of the activity given to students is shown.

1. Create a document that explains clearly and simply the following components of a computer:
 - a. Central Processing Unit
 - i. Control Unit
 - ii. Arithmetic Logic Unit
 - b. Memory
 - i. RAM Memory
 - ii. Memory ROM
 - iii. Secondary Memory
 - iv. Storage Units
 - c. Input and Output Devices
 - d. Operating System
 - e. Programming Languages
 - i. Machine Language
 - ii. Assembly Language
 - iii. High Level Languages
 - f. Translators
 - i. Compilers
 - ii. Interpreters
 - iii. Assemblers
2. For each of the components you must give a brief explanation and identify their main function.

Figure 1. Activity's description

Following the guidelines of [7], the activity was designed to be completed in three phases, shown in Figure 2.

As it can be seen the first phase of the activity was to briefly explain the formation of the groups, the operation of the GD tool, the use of the chat, as well as the activity itself. In the second phase, following the concept of positive interdependence, the students were told that they should adopt different roles (text search, image search, integrator and editor) to achieve the ultimate goal, they were provided with a short definition of each role and

- | | |
|--|-----|
| <p>Phase 1: Introduction (20 minutes)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definition of the groups 2. Explanation of the activity 3. Using the Google Drive tool <p>Phase 2: Organization (15 minutes)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Organization of the groups (through the Google Drive chat) 2. Division of roles: each group member can have a unique role in the process, according to their talents. <ol style="list-style-type: none"> a. Text Search: in charge of finding clear and concise text that explains each of the components b. Image Search: finds good quality representative images of each of the components c. Integrator: perform a first integration of text with images, check writing and content (text relevance, image quality, etc.). If any of these elements is not suitable, he/she communicates with the search text students to look for other options. d. Editor: Once the integrator has approved the text and images for each item, he/she writes the final version. He is responsible for the quality of the final document (font, margins, spacing, size images, etc.). <p>Phase 3: Production (60 minutes)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The group of students produces the requested document respecting their assigned roles. | 516 |
|--|-----|

were suggested to consider the "talents" of each participant at the time of distribution [16]. With regard to the roles and their distribution, the intention was, given the limited amount of time, to prevent students opting for the "normal" division of labor (according to topics), and to ensure that all members of the group, in one way or another had contact with all the thematic concepts as they are part of the course syllabus.

Figure 2. Phases and roles

Finally in the third phase, students have to complete the activity in 60 minutes. Although all students were physically in the same room, a synchronous interaction was promoted, that is, all communication was mediated by the computer and the students had to use the chat as a means of organization.

The assessment, in any context, is a constant concern for students and teachers. In a collaborative work environment, assessing each student fairly and equitably, according to their effort, is of interest to both students and teachers. Under this scenario it was decided to evaluate the activity from two components: group work and individual contribution, defining the evaluation criteria of the activity as it follows: (1) the extent to which the group keeps the strategy to achieve the objective; (2) the level of completeness of the activity according to the requirements set forth previously; (3) and the individual contribution of each member to the final product.

4. RESULTS

For the evaluation of the collaborative activity, it was proposed to consider: the final product (FP) from the information provided by GD; and individual contribution (IC) considering the historical revision provided by GD. This option leaves evidence of the students interventions (any changes made to the document), and also allows to recover older versions of the document, being able in this way to identify what changes were made at a given time and who were involved in that changes. In order to make an assessment of the activity that does not involve a lot of effort for the teacher or facilitator, the registrations made by GD during the preparation of the document were considered as the individual contribution of each student.

Unfortunately, the GD chat works in a very unique and different way from other Google chats (Gmail chat for example), since it is only available while you are working online in the document, this implies that the chat information is not saved and cannot be recovered once the document is closed. This entails an important limitation of the tool and makes it impossible to apply the Cooperation Index (CI) defined above and analyze the type of messages exchanged among students regarding work organization and conduct of the activity, as done by [8] [24] [26].

According to the above, then the information provided by GD to evaluate the collaborative activity consists, firstly, of two elements: (1) the final group product and (2) the individual contribution. From the final document it can be assessed whether the groups reached or not the objectives proposed by the activity, and, for the purposes of this experiment, we consider the individual contribution as the number of changes recorded by GD for each student in the final product's development, as mentioned above. In the next section we make an analysis of each of these elements and how they were considered to assess the activity.

4.1 Evaluation of the Final Product (FP)

The final product is evaluated in terms of the results obtained in each of the requirements of the activity (fig. 1). The evaluation of the final product was performed in two parts; first the degree of completeness of the theoretical concepts and illustrative images was evaluated, obtaining a percentage value to each item. Subsequently, a simple average of these percentages is calculated to obtain the final score. For example, the group G2 (see Table 1), reached 100% in the completeness of the text but only 50% in terms of images, so that the average of fullness is 75%.

It can be seen that the overall success rate (if this is considered as having done everything requested by the activity) is low. The average completeness of the task is 64%. Some reasons for this performance can be associated with problems with Internet during the activity, and with little experience from students with the type of activity. Some groups were also affected by the strategy followed to address the work, as will be discussed later.

Table 1. Level of completeness of the activity

Group N°	% completeness of FP
G1	70
G2	75
G3	40
G4	95
G5	95
G6	95
G7	35
G8	25
G9	45

Source: documents obtained through GD

4.2 Evaluation of the individual contribution (IC)

The individual contribution of each group member was evaluated according to the information provided by GD on the number of times each contributor made changes to the document. Thus the amount of interventions required to complete the document presented by each group were initially calculated, then the average amount of interventions made by the group is determined, with this information for each student an intervention ratio was determined according to this average (AI) in order to weigh each student's contribution to the final product (AIP). For example, in Table 2 the data belonging to the group G5 is shown. From the data we can see that GD registered for the student E2, a total of 110 interventions, and since the mean of that group's interventions was 77, the student E2 contribution corresponds to 153% on the final product.

Table 2: Individual contribution Group G5

Student	# Inter.	IC
E1	49	68
E2	110	153
E3	103	143
E4	26	36
Mean	77	

Source: historical revision data

From these data, a facilitator could calculate in a relatively simple way, a grade for the activity that evaluates to some extent the individual contribution. For example, if it is decided that the final product (FP) has a weight of 70% and the individual contribution a weight of 30%, the final grade for students in the group G5 as shown below:

Table 3. Final grade Group G5

Student	FP	IC	WIC	FG
E1	95	68	65	86
E2	95	153	145	110
E3	95	143	136	107
E4	95	36	34	77

Source: analysis from the authors

The column of weighted individual contribution (WIC) considers the contribution of each student with reference to the grade obtained in the final product, thus calculated as $IC * FP$. The final grade, weights the WIC at 30% and the FP at 70%. As it is expected the final grade for each student will be distributed based on the 95 grade obtained but with a variation of $+ - 30$ points weighting the individual contribution. This way the effort of each student is reflected in their final grade.

4.3 Understanding the collaborative process

The above grades, despite giving an assessment of the activity considering both the group and individual effort, present some aspects that should be analyzed in a deeper way by the facilitator is needed in order to understand deeper the process. Some of them are:

1. The first one is related to the registration of individual contribution. For example, in the G7 and G9 groups, which are two of the groups with the lowest percentage of completion (see Table 1), students used a strategy of creating a separate image folder instead of integrating text and images in the document. This decision had implications for both the final product and the individual contribution. For the G7 group, if the final document is analyzed, it is observed that students only complete the text by 60% and the images by 10%, however the student E4 with the role of "image search" creates a folder with 15 pictures, but only one of them is integrated into the final document. This clearly affects the grade of the final product, in this case calculated as a simple average of these two figures. The decision to work in this way also has implications for assessing the individual contribution according to information provided by GD, as in the case of student E4. For this student 0 interventions are reported in the final document, which clearly affects their final grade negatively despite the work done with the search and selection of images.

The case of the G9 is similar, in this group the student E3 with the role of image finder creates different folders with images but none of these are incorporated into the text. The G9 group achieved 90% completeness of the text but 0% in the case of images, so that its resulting performance from the point of view of the final product is 45%. Similarly the student's grade E3 is affected because their individual contribution is not recorded in the final document.

2. Another drawback is that GD does not display information in a way that allows monitoring the strategy used by groups to solve together the problem. In addition, not counting with the chat log

make not possible to understand how were the communication and organization among the group members.

To gain a better understanding of the collaborative process, it was decided to supplement the information in GD with an online questionnaire that provides individual information on the experience of each student, but when analyzed for groups gives an indication of the characteristics and behavior of them. Of 36 students who participated in the activity, 33 of them completed the questionnaire. The percentages shown in the following tables refer to the number of students who answered the questionnaire in each of the groups.

4.4 Regarding Strategy

The way the roles were assumed for the development of the activity is considered part of a strategy to address the task and achieve a final product. In the context of the proposed activity, it can be said that by have indicated the specific roles to be undertaken by students, a strategy to solve the problem was previously defined.

However, from the perspective of understanding how the strategy would allow them to achieve the final goal, it was decided to analyze the group' clarity in identify roles. It is assumed that a clear identification of roles at the beginning of the task will require less coordination efforts during implementation. Also, it was considered that keeping the specific roles throughout the execution of the task, is an indicator that shows whether each member of the group was able to understand how their contribution relates to the common goal of the group. In order to assess the clear identification of roles, the students were asked to indicate which role they had represented in the development of the activity. Given the fact that the roles were not duplicated in the group (except for the G8 group of 5 members), it is assumed that only when each student indicated a different role there was a clear distribution of them. For example, in the G5 group, two students reported having had the role of "integrator", indicating that as a group they were not really clear on the distribution of roles. The information whether it was or not a clear identification of roles (IR) in the groups is shown in Table 4.

To evaluate the appropriation of roles (AR) and maintenance of them during the course of the activity, students were asked in the questionnaire whether it was easy or not for them to keep the selected role. In this case in the G5 group, 3 of the 4 members affirmed have remained in their role, which would indicate that 75% of the group managed to grab their role properly. The results are shown in Table 4.

Table 4. Results regarding the identification and appropriation of roles

Group N°	IR	%AR
G1	NO	67
G2	NO	75
G3	YES	100
G4	NO	67
G5	NO	75
G6	YES	100
G7	NO	75
G8	NO	60
G9	NO	50

Source: Online questionnaire

It can be seen that the management of roles was a difficult aspect for groups since only 2 groups of 9 had a clear identification and distribution of roles. It is interesting to observe the relationship between this condition and the maintenance of roles throughout the process, as the only two groups where 100% of their members reported to have remained in their role were the G3 and G6, which are the same groups in which role distribution was clear. Students who reported not remaining in their role, indicated that there was never a clear division of them or that at times they took on another role in order to finish the activity on time.

Starting from the premise that a clear strategy, reflected in this case in a good understanding and management roles, is a fundamental component of the collaborative process, it is considered important to integrate this aspect in the final assessment of the activity. Table 5 shows how it would affect the final grade (FG1) for the G5 group considering that 75% of its members took and maintained their roles for the joint construction of the document (see %AR in Table 4), In this manner, $FG1 = WIC * 0.3 + (FP + AR) / 2 * 0.7$

Tabla 5. Final Grade Considering Strategy (FG1)

Student	FP	IC	WIC	FG	FG1
E1	95	68	65	86	79
E2	95	153	145	110	103
E3	95	143	136	107	100
E4	95	36	34	77	70

Source: GD and online questionnaire

Now the final grade (FG1) integrates both, group work and individual effort. The grade was calculated considering the information supplied by GD and the online questionnaire, and it does not imply too much work for teachers or facilitators.

4.5 Other aspects to consider

There are other key aspects of the collaborative process in a group that should be analyzed, such as the facility to get organized, the learning achieved through the activity, and the use of the tool that supports the collaborative process. Below these aspects are analyzed from the students' perspective.

The facility to organize themselves as a group using virtual tools - understood in the activity as the facility for synchronous distributed group work and the use of chat as a communication mean - is an important aspect of collaborative online work. The perception of students regarding these two aspects can be seen in Table 6.

Table 6. Group perception about their organization

Group N°	Was it easy to work collaboratively online?	Was the chat a useful mean of communication?
G1	67%	100%
G2	50%	75%
G3	50%	100%
G4	67%	100%
G5	50%	100%
G6	75%	100%
G7	50%	100%
G8	100%	100%
G9	75%	100%

Source: Online questionnaire

It is easy to see that most of the students think that the chat was a useful tool when making group agreements. However, with the exception of the G8 group, at least one member of each group felt that the online work was not easy. In this regard most of them indicate it was not easy because the internet connection in the laboratory was very unstable and a student says that it was because Google Drive was a new tool for him. No student indicates that the work was difficult because of problems with the organization of the group.

Additionally we considered the perception of students towards the learning achieved. This last element, despite being an individual judgment of each student regarding their learning, is seen as the group's learning under the basic premise of collaborative learning that all members should have an interest and commitment towards their peers learning. Furthermore, the design of the activity and the established roles had the goal that all students could have, in one way or another, contact with all the content topics, thus in this way the learning is not fragmented in topics and a more comprehensive learning could be achieved. Thus, for example, it can be seen in Table 7, that G2 has a 100% indicating that the 4 members of the group expressed having learned with the activity, and the 33% of the group G1 indicates that of 3 students who answered the questionnaire in this group only 1 of them said to have learned. Although a high percentage of the total student population (88.9%) report having learned about the thematic content developed in the activity, it is clear that promoting learning is not an easy task, so this must always be an important goal for facilitators when designing any learning situation.

Table 7. Perception of the achieved learning level

Group N°	% completeness of FP	Positive perception towards learning
G1	70	33%
G2	75	100%
G3	40	100%
G4	95	100%
G5	95	75%
G6	95	100%
G7	35	100%
G8	25	100%
G9	45	100%

Source: Online Questionnaire

To understand the impact of the technological tool used to mediate the collaborative process, students were consulted about their previous experience with GD. From Table 8 it can be derived that there is no apparent relationship between the final products achieved (FP) and the previous experience that students have with the use of the GD tool. For example, none of the students of group G4, G6 and G9 had used it before, however the first two groups had a 95% rate of completion and the last 45%.

Table 8. Results FP vs. previous experience with GD

Group N°	FP	Previous experience with GD
G1	70	33%
G2	75	75%
G3	40	50%

G4	95	0%
G5	95	50%
G6	95	0%
G7	35	75%
G8	25	40%
G9	45	0%

Source: Online questionnaire

It is also important to note that 100% of students considered GD a useful tool to carry out the activity and mentioned that they would use it for other assignments or tasks.

5. CONCLUSIONS

The process of evaluating a collaborative activity can be very complex due to the variety of aspects to analyze. Additionally, the difficulty in identifying the individual contribution in a collaborative process causes some faculty to look skeptically at such processes. Hence it is important to design strategies and use tools to perform collaborative activities that allow identifying and fully evaluating the group and the individual performance.

When deciding to use a technological tool to facilitate collaborative work it is important to consider those technological tools that facilitate to the teachers the process of gathering information. In this sense would be easy for them to evaluate the group process and the individual contribution, and consequently they can be more motivated to integrate more often collaborative activities in their classrooms. Because GD is an easy and free tool that supports collaborative work, we considered relevant to assess and evaluate its potential within the collaborative process. As mentioned in [7] to analyze the process of collaboration is necessary to collect information on the process itself: about the participants, the individual actions, messages sent and received, as well as some ways to assess how participants carry out the collaborative process.

As presented in this article, GD provides information that allows assessing, in a relatively simple way, the group work based on the final product, and the individual contribution based on the number of contributions made by each member to this final product. However, this way to "measure" the individual contribution presents some drawbacks that could cause the facilitator not to evaluate individual work in a fair and equitable manner. Additionally, the tool does not provide facilities to assess the process of communication and organization of the group - a fundamental part of the collaborative work- so it is necessary to fill this gap with other information sources. The experience presented in this article, submits a final grade, considering the group work and individual contributions, from information provided by GD and a supplemental online questionnaire.

Now, if it is true that GD does not allow the recovery of messages sent by students, it is also true that semantic analysis of messages requires much time, becoming an impractical task for faculty. As part of future work we will work on identifying new tools and mechanisms that enable faculty to effectively assess the collaborative process in all its dimensions, with proper consideration for both, group contributions and individual contributions.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This paper is developed as part of the project “RED u-CSCL: Red Iberoamericana de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos, código CYTED 513RT0481”.

7. REFERENCES

- [1] J. Roschelle, R. Pea, C. Hoadley, D. Gordin, and B. Means, “Changing how and what children learn in school with computer-based technologies,” *Future Child*, vol. 10, no. 2, pp. 76–101, 2000.
- [2] D. Tatar, J. Roschelle, P. Vahey, and W. Penuel, *Handhelds: Go to Scholl: Lessons Learned*. IEEE Computer Society, 2003.
- [3] M. E. Calzadilla, “Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación,” *Rev. Iberoam. Educ.*, vol. 1, no. 10, 2002.
- [4] M. Torgrude, “Why Handhelds in the Classroom,” 2001.
- [5] W. Y. Hsu, “Online education on campus: A technological frames perspective on the process of technology appropriation,” Unpublished Doctoral Thesis, University of London, London, 2002.
- [6] D. R. Garrison, T. Anderson, and W. Archer, “Critical Thinking and Computer Conferencing: A Model and Tool to Assess Cognitive Presence,” *Am. J. Distance Educ.*, vol. 1, 2001.
- [7] C. Collazos, L. Guerrero, J. Pino, S. Renzi, J. Klobas, M. Ortega, M. Redondo, and C. Bravo, “Evaluating Collaborative Learning Processes using System-based Measurement,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 10, no. 3, pp. 257–274, 2007.
- [8] A. Ruda, “Percepción de los estudiantes sobre el uso de wiki. Análisis de una experiencia de aprendizaje colaborativo en la Universitat de Girona,” *Rev. Teoría Educ. Educ. Cult. En Soc. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 76–100, 2013.
- [9] A. Badia, “Aprender a colaborar con Internet en el aula,” in *Internet y competencias básicas*, C. Monereo, Ed. Barcelona: Editorial Graó, 2005, pp. 93–116.
- [10] M. Muhlenbrock, “A system for Analyzing Collaborative problem solving,” 1999.
- [11] D. Johnson and R. Johnson, *Learning together and alone. Cooperation, competition and individualization*. Englewood Cliffs, New Jersey.: Prentice Hall Inc., 1975.
- [12] N. Scagnoli and M. Stephens, “Collaborative learning strategies in online education,” presented at the Online Conference for Teaching and Learning (IOC2005), Illinois, 2005.
- [13] F. Kirschner, F. Paas, and P. A. Kirschner, “Individual and group-based learning from complex cognitive tasks: Effects on retention and transfer efficiency,” *Comput. Hum. Behav.*, vol. 25, pp. 306–314, 2009.
- [14] B. Rubia, I. Jorri, and R. Anguita, “Aprendizaje colaborativo y TIC,” in *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet*, J. D. P. Pons, Ed. Málaga: Aljibe, 2009.
- [15] D. Johnson, R. Johnson, and E. Holubec, *Advanced cooperative learning*. Edina, MN: Interaction Books., 1992.
- [16] E. F. Barkley, K. P. Cross, and C. H. Major, *Collaborative learning techniques : a handbook for college faculty*, 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2005.
- [17] P. Dillenbourg, *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*, 1st ed. Amsterdam ; New York: Pergamon, 1999.
- [18] C. Collazos and J. Mendoza, “Como aprovechar el aprendizaje colaborativo en el aula,” *Rev. Educ. Educ.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–76, 2006.
- [19] T. Koschman, A. Kelson, P. Feltovich, and H. Barrows, “Computer-supported problem-based learning: A principled approach to the use of computers in collaborative learning,” *CSCL Theory Pract. Emerg. Paradigm*, pp. 83–124, 1996.
- [20] G. Stahl, “Building collaborative knowing: Elements of a social theory of CSCL.,” in *What we know about CSCL: And implementing it in higher education*, J.-W. Strijbos, P. A. Kirschner, and R. Martens, Eds. Boston, Mass.: Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 53–86.
- [21] B. Gros and J. Silva, “La formación del profesorado como docente en los espacios virtuales de aprendizaje,” *Rev. Iberoam. Educ.*, vol. 36, 2005.
- [22] L. Lipponen, “Exploring foundations for computer-supported collaborative learning,” in *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community*, 2002, pp. 72–81.
- [23] R. López, *La evaluación en la Universidad*. Barcelona: Octaedro, 2002.
- [24] L. Guerrero, R. Alarcón, C. Collazos, J. Pino, and D. Fuller, “Evaluating cooperation in group work,” in *Proceedings. Sixth International Workshop on Groupware*, 2000, pp. 28–35.
- [25] J. McNamara and C. Brown, “Assessment of collaborative learning in online discussions,” presented at the ATN Assessment 08: Engaging Students in Assessment, University of South Australia, 2008.
- [26] C. Collazos, M. Alvira, R. Martínez, J. Jiménez, R. Cobos, and J. Moreno, “Evaluando y Monitoreando Actividades Colaborativas en Dispositivos Móviles,” *Av. En Sist. E Informática*, vol. 5, no. 1, 2009.
- [27] V. Basilotta and G. Herrada, “Aprendizaje a través de proyectos colaborativos con TIC. Análisis de dos experiencias en el contexto educativo,” *Rev. Electrónica Technol. Educ.*, vol. 44, 2013.
- [28] J. Brindley, C. Walti, and L. Blaschke, “Creating effective collaborative learning groups in an online environment,” *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 10, no. 3, pp. 1–8, 2009.
- [29] A. Castellanos and A. Martínez, “Trabajo en equipo con Google Drive en la universidad online,” *Innov. Educ.*, vol. 13, no. 63, 2013.
- [30] G. Cenich and G. Santos, “Aprendizaje colaborativo online: indagación de las estrategias de funcionamiento,” *Rev. Iberoam. Educ. Educ. En Technol.*, vol. 1, pp. 1–8, 2007.

Towards the recognition of relevance and reputation in Edu-AREA

Manuel Caeiro Rodríguez, Martín Llamas Nistal, Juan M. Santos Gago

Departamento de Ingeniería Telemática
E.E. Telecomunicación, Universidade de Vigo
Campus Universitario, S/N 36312 Vigo, Spain
+34 986 813 468
{mcaeiro, martin, jsgago}@det.uvigo.es

RESUMEN

This paper introduces a Web 2.0 application, Edu-AREA, which offers a dynamic space to support the development of lesson plans and to promote teaching innovation. The development of lesson plans is proposed in a wide way, both in accordance to their life-cycle, covering design, monitoring, reflection and evolution, as well as in accordance to their dimension, taking into account all the educational activities and resources involved, and the educational and technological context in which they are carried out. Following the Web 2.0 principles we promote users as the key stakeholders of the application, providing the resources and activities, managing the lesson plans, classifying and ensuring the quality of the elements, etc. In order to support users on these tasks, this paper introduces a proposal to provide an automatic estimation of a reputation index for users and a relevance index for elements (e.g. resources, activities). The proposal is based on the HITS algorithm and on the actual usage or resources by users in Edu-AREA. The purpose of these indexes is to provide some measurement about the quality and relevance and also references for the calculation of recommendations.

Categorías y Descriptores de Temas

H3.5 [Online Information Services]: Data Sharing, Web-based services; J.4 [Social and Behavioral Sciences]: Society.

Términos Generales

Experimentación.

Palabras Clave

Guías Docentes, Recursos Educativos Abiertos, HITS, Reputación, Relevancia.

1. INTRODUCCIÓN

Edu-AREA [1] (www.edu-area.com) es una iniciativa surgida en el seno de la red de investigación TELGalicia (www.redetelgalicia.com) en el año 2012 con el propósito de promover la innovación docente, principalmente en primaria y secundaria. Para ello, partiendo del contexto tecnológico actual caracterizado por la web 2.0 [2] y las iniciativas sobre recursos educativos abiertos (OER: *Open Educational Resources*) [3], iniciamos el planteamiento y el desarrollo de una aplicación que sirviese a los docentes para prepararse de cara a su docencia y que les ayudase durante el desarrollo de la misma promoviendo en todo momento la innovación docente y la mejora dirigida por la investigación [4]. En Edu-AREA se ofrece un espacio en el que los docentes pueden preparar sus guías docentes combinando

actividades y recursos educativos disponibles en la plataforma, bien aportados por ellos mismos o por otros usuarios. La aplicación también facilita a los profesores documentar la experiencia educativa que se produce durante el desarrollo de las guías, incorporando evidencias de la misma (e.g. vídeos, fotos) y comentarios reflexivos permitiendo aportar los puntos de vista de los distintos participantes (profesores, alumnos, padres).

Las ideas que estamos desarrollando en Edu-AREA provienen de la colaboración interdisciplinar en TELGalicia entre grupos con experiencia en el desarrollo de sistemas tecnológicos para educación y otros más pedagógicos y de ciencias de la educación. Muchas de las ideas iniciales de Edu-AREA fueron aportadas por el grupo coordinador de esta red de la Universidad de Vigo en base a su experiencia en el proyecto iTEC (itec.eun.org). En iTEC se plantea que la innovación docente se debe producir en dos vertientes, la pedagógica y la tecnológica, que necesitan ir de la mano y de acuerdo a las características contextuales del escenario en el que se plantea. Otra idea central en iTEC es la consideración de recursos educativos más allá de los contenidos, como herramientas (dispositivos hardware o aplicaciones), y también personas (e.g. padres, expertos) y eventos/localizaciones (e.g. museos, conciertos). Este tipo de recursos ya forma parte de los ingredientes docentes de muchos profesores, pero hasta el momento su consideración en aplicaciones similares no ha sido muy clara. Sobre estas propuestas en la red se han planteado otras ideas para configurar la propuesta de Edu-AREA: (i) los OER, fijándonos sobre todo en la posibilidad de permitir la copia y adaptación de los recursos educativos disponibles; (ii) el blog de aula, como espacio en el que el profesor cuenta la “historia” de lo que va sucediendo en el aula y que es compartida con la comunidad; y (iii) la “curación” de contenidos, que llevan la evolución de la web a un estadio 2.x, en el que los usuarios además de creadores de información son fuentes de significado y reconocedores de calidad.

En este artículo se plantea una propuesta para dar soporte a las funcionalidades de “curación” en Edu-AREA. Con la finalidad de reconocer la calidad de los elementos disponibles queremos introducir mecanismos automáticos que ofrezcan indicadores significativos sobre la relevancia de los mismos y sobre la reputación de los usuarios. Estos indicadores están llamados a jugar un papel clave de cara al desarrollo de funcionalidades de recomendación, búsqueda y exploración que asistan a los usuarios en la creación de sus guías docentes o, de forma más directa, facilitándoles aquellas referencias más destacadas sobre un tema de su interés.

El resto del artículo se organiza como sigue. En primer lugar se hace un repaso de trabajos relacionados recientes. A continuación, en la sección 3 se hace una presentación de las secciones principales de Edu-AREA y de las funcionalidades disponibles para los usuarios. Después, en la sección 4 se identifican los registros de datos que se guardan en Edu-AREA y que se pueden utilizar para realizar los cálculos automáticos de reputación y relevancia, que se presentan en la sección siguiente. El artículo termina con una sección de conclusión y trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Teniendo en cuenta sus características y funcionalidades, Edu-AREA se sitúa en el dominio de los repositorios y referatorios de recursos de aprendizaje [5]. De forma más específica, dado su carácter web 2.0, presenta una relación clara con sistemas en los que se pueden desarrollar comunidades de aprendizaje alrededor de recursos docentes, en el que personas que comparten intereses comunes pueden intercambiar información e incluso colaborar. Ejemplos destacados de estos sistemas son Cloudworks [6], Connexions [7], MERLOT [8] o HumBox [9]. En estos sistemas pueden encontrarse muestras de la evolución reciente que ha tenido lugar alrededor de la descripción e intercambio de objetos de aprendizaje (LO: *Learning Objects*) y OER. Ideas como el mantenimiento de espacios personales, la generación automática de metadatos, mediciones de calidad, el fomento de la colaboración y participación de los usuarios, se pueden encontrar entre los objetivos principales.

De cara a este artículo las propuestas que más nos interesan son aquellas en las que se intenta evaluar la calidad de objetos educativos de forma automática [10]. Esta facilidad se ha convertido en una necesidad debido al crecimiento continuo en el número de recursos disponibles. Quizás por ello se han planteado numerosas propuestas para evaluar la calidad, aunque aún no se ha llegado a un consenso sobre lo que es un recurso de calidad, ni sobre la mejor forma de realizar el proceso de evaluación. En cierta forma, esto puede ser debido a la naturaleza heterogénea y con múltiples facetas que presentan los recursos y también a los distintos contextos en los que puede considerarse su utilización [11]. En cualquier caso, hay consenso en que la evaluación por personas es impracticable: supone un esfuerzo enorme, no es fácilmente escalable y depende de las valoraciones casi siempre subjetivas del evaluador. Por ello se han propuesto medidas cuantitativas que se puedan procesar de forma automática, que aunque no tengan la calidad suficiente para reemplazar a los manuales, pueden ofrecer una información a priori que se puede complementar con otras aproximaciones [10]. Algunas de las propuestas realizadas para medir de forma automática y cuantitativa indicadores de calidad de recursos de aprendizaje se pueden encontrar en [12]. Sin embargo, a pesar de que los trabajos aquí referenciados analizan de forma rigurosa un gran número de indicadores que pueden ser utilizados para la evaluación de calidad de recursos educativos, no hemos encontrado resultados que podamos aplicar de forma directa a Edu-AREA. Sólo en el caso de [13] se trata la evaluación de recursos educativos en base a la aplicación de análisis sobre actividades de curación social.

3. EDU-AREA

Edu-AREA (<http://www.edu-area.com>) es el acrónimo de *Actividades, Recursos y Experiencias Abiertas*. Funcionalmente se trata de una aplicación web que ofrece servicios de búsqueda, exploración, curación de recursos educativos en general y de forma más específica también permite la autoría de guías docentes y actividades educativas. Los usuarios pueden incorporar fichas

de nuevos recursos y actividades a Edu-AREA en dos modos: público (visibles para todos) o privado (sólo para uso personal). Un usuario tendrá acceso y podrá utilizar los recursos privados suyos y todos los que sean públicos. Una característica clave en Edu-AREA es que no es posible modificar las fichas públicas de otros usuarios, pero sí se pueden copiar, pasando la copia a ser propiedad del usuario que la realiza, y modificar esa copia. Además, se guarda el registro de las copias realizadas. De esta forma sencilla se pretende facilitar el intercambio y la reutilización de los elementos disponibles en la aplicación promoviendo la adopción (uso) y la adaptación (copia y modificación).

La figura 1 muestra una página de Edu-AREA en la que se puede apreciar un listado de fichas relativas a recursos educativos. En la parte superior se incluye el menú principal con las distintas secciones de la aplicación que se describen en los siguientes apartados.

3.1 Recursos

Dos de las características distintivas de Edu-AREA en cuanto a recursos son: (i) el manejo de distintos tipos de recursos, además de los contenidos; y (ii) su carácter de referatorio antes que repositorio [5].

En Edu-AREA se manejan distintos tipos de recursos que se pueden involucrar en la docencia: contenidos, herramientas (e.g., aplicaciones y dispositivos), personas, eventos y localizaciones (estos tres de fuera de la escuela). La necesidad de contenidos puede ser muy importante para los docentes, pero no es la única, sobre todo si se considera la realización de actividades innovadoras en las que el papel de los alumnos es más relevante o en las que entran en juego personas o elementos de fuera de la clase, como padres o expertos (e.g. un músico), que pueden participar de forma puntual para introducir un tema o evaluarlo, o eventos/lugares fuera de la escuela que los alumnos pueden visitar, como un museo en el que poder hacer un “viaje” al pasado. En estos contextos Edu-AREA facilita el registro, la búsqueda y localización de estos otros recursos de interés que siguiendo la filosofía anterior pueden ser compartidos de forma pública y por tanto quedar disponibles para otros usuarios.

El carácter de referatorio y no de repositorio proviene de que Edu-AREA no mantiene los recursos como tales, en especial los contenidos, sino que se dispone de una ficha resumen de los mismos (incluyendo entre otros datos título, palabras clave, descripción, imagen) y de una referencia (una URI) a la localización real del recurso. En el caso de una persona o un evento esta URI puede indicar una página web en la que se encuentra información detallada sobre el mismo, por ejemplo para una persona un *blog* personal o un perfil de LinkedIn. De esta forma para cada tipo de recurso en Edu-AREA se dispone de un modelo de datos en el que se recoge únicamente la información relevante del mismo para ofrecer las funcionalidades de búsqueda, clasificación y recomendación.

Uno de los problemas fundamentales a los que se enfrentan este tipo de sistemas, en concreto los repositorios de contenidos, es el elevado coste que supone el mantenimiento y la actualización de los recursos. En Edu-AREA este problema se aborda siguiendo dos estrategias. Por una parte facilitando a los usuarios la incorporación de nuevos recursos. Por otra parte, a través de la utilización de tecnologías semánticas que a través de procesos de enriquecimiento y población permitan incorporar nuevos recursos de fuentes disponibles en Internet.



Figura 1. Detalle de la sección Recursos en Edu-AREA

3.2 Actividades

En la sección de Actividades se presentan fichas de actividades educativas entendidas como descripciones descontextualizadas de prácticas docentes con un propósito pedagógico determinado. También tienen un carácter atómico, de una, dos o pocas sesiones, en el sentido de que no pueden dividirse en otras partes que tengan su propio propósito pedagógico. Algunos ejemplos de actividades son: profesores y estudiantes debatiendo, estudiantes investigando o recogiendo información fuera del aula, estudiantes trabajando en grupo a través de una aplicación web; estudiantes haciendo una presentación, etc. Una característica importante que intentamos potenciar en Edu-AREA es que las actividades hagan algún tipo de planteamiento innovador, promoviendo nuevas aproximaciones pedagógicas (e.g. cambiando el rol del profesor, trabajando con expertos) o utilizando nuevas tecnologías (e.g. *tablets*, la pizarra digital, una aplicación de edición de video, juegos). En cualquier caso, los propios docentes pueden aportar sus actividades en la forma en la que consideren oportuno.

En la ficha de una actividad Edu-AREA se incluyen indicaciones, guías y recomendaciones para los docentes dirigidas a su aplicación y desarrollo en el aula. Es decir, le explican al profesor qué puede conseguir con ellas, qué debe tener presente antes de abordarla, los pasos a seguir para desarrollarla y los tipos de recursos o recursos que va a necesitar. Los recursos se incluyen en las actividades como enlaces a las fichas de dichos recursos que deben estar disponibles entre sistemas. De esta forma se establece un vínculo entre actividades y recursos. Este último elemento es muy importante para las recomendaciones, ya que las actividades intentan proporcionarse de forma descontextualizada sin

referencia a recursos, temáticas o estudiantes concretos. La idea es facilitar la aplicación de la actividad en distintos contextos. En lugar de recursos concretos se plantea la inclusión de recursos abstractos que caractericen los recursos, y que más adelante (en las guías) los usuarios puedan sustituir por recursos concretos. En este paso concreto es donde entrarán en juego las recomendaciones. Por ejemplo, se puede definir como requisito de una actividad incluir una wiki para que los alumnos puedan ir presentando sus resultados y conclusiones, pero no se especifica que se utilice MediaWiki (un tipo concreto de sistema Wiki).

3.3 Secuencias

La sección de Secuencias incluye conjuntos de actividades educativas agregadas y ordenadas con un cierto sentido pedagógico. Las secuencias mantienen el carácter descontextualizado e inspirador de las actividades. Un ejemplo de secuencia es “Realización de un proyecto” en el que se pueden incluir actividades como: Soñar, Investigar, Diseñar, Realizar, Presentar y Evaluar. Las secuencias tienen una duración mayor que las actividades, pudiendo plantearse a lo largo de varias semanas e incluso meses. En las actividades y secuencias los profesores pueden encontrar modelos de referencia para distintos periodos temporales.

3.4 Guías

Las Guías de Edu-AREA son guías docentes contextualizadas que se plantean como unidades agregadoras de actividades educativas con las indicaciones a seguir y recursos a utilizar por el profesor para llevarla a cabo en su aula con sus alumnos. En este caso las actividades incluidas en una guía debieran contener los recursos concretos que se utilizarán en la misma. Se trata de un elemento

en el que los profesores pueden relatar las características de su contexto educativo y tecnológico y planear el conjunto de actividades (o secuencia de actividades) a desarrollar en el aula o fuera del aula junto con los recursos involucrados.

En la guía se establecen vínculos con las actividades educativas y recursos educativos disponibles como fichas en el referatorio de Edu-AREA. A diferencia de los elementos anteriores, recursos y actividades, las guías no se proponen de forma descontextualizada. En este sentido en Edu-AREA no se ofrecen guías, como se hace con las actividades y los recursos, sino que deben ser sus usuarios (los profesores) quienes generen sus propias guías. En una guía es necesario incluir la siguiente información: identificación y descripción, contexto tecnológico (con dispositivos y aplicaciones disponibles en el aula), contexto educativo (con indicación de edad de los alumnos, materia, nivel educativo, idioma, localización geográfica y periodo temporal en el que se desarrollará la guía), listado de actividades (o directamente una secuencia) de entre aquellas disponibles en Edu-AREA y para las actividades los recursos a utilizar en las mismas.

3.5 Experiencias

El elemento experiencia que se puede encontrar en esta sección se ofrece como una extensión de la guía para que el profesor la documente después de haberla llevado a la práctica en su aula y con sus alumnos. En concreto este elemento permite registrar y valorar lo que ha pasado durante el desarrollo de la guía. Junto a cada actividad se pueden añadir fotos, vídeos o documentos generados en el aula durante la realización de la misma. Los docentes y los propios estudiantes u otros usuarios (e.g. padres), si así lo habilitan los docentes, podrán incluir sus propios comentarios y valoraciones. De esta forma se facilita un mecanismo que permite la presentación de resultados educativos que puede ser de interés para el propio docente o para otros docentes y usuarios en general (si el docente responsable decide hacerla pública).

En la guía se establece un vínculo con una guía docente, y de forma directa, a partir de la misma, con actividades y recursos disponibles en la aplicación. Como se puede constatar, estas primeras cuatro secciones de Edu-AREA están muy relacionadas entre sí. Los recursos se presentan para su utilización en las actividades y de forma indirecta en las secuencias, guías y experiencias. Las actividades y las secuencias se presentan como modelos para los profesores. Las guías se presentan para que los profesores diseñen y creen sus propias propuestas docentes, bien tomando como referencia las actividades y secuencias disponibles, bien tomando otras guías suyas o de otros profesores disponibles en el sistema. Por último, las experiencias se proponen para facilitar la documentación de la utilización en clase de la guía, permitiendo recoger y presentar lo que ha pasado en el aula.

Todas estas secciones se han incluido en base a los principios de la web 2.0 y los OER. En cada una de estas secciones los usuarios pueden buscar, explorar y visualizar elementos de cada uno de los tipos. También es posible que los usuarios editen sus propias propuestas de actividades, secuencias, guías o experiencias, o las propuestas que otros usuarios han hecho públicas. En el caso de propuestas de otros usuarios primero deben hacer una copia de las mismas, con lo que se mantiene el documento original, y después pueden editarlas directamente. En la Figura 2 puede verse un ejemplo de edición de una actividad, en la que se muestran los distintos campos de la ficha de la misma y en el que se reconoce el modelo de ITEC. La edición resulta sencilla y directa siguiendo un esquema WYSIWYG que además ofrece una estructura homogénea para todos los elementos.

3.6 Tableros

Esta última sección de Edu-AREA permite que cada uno de los usuarios puedan clasificar y organizar los elementos de Edu-AREA que le interesen en distintos tableros que pueden crear y gestionar a modo de categorías. Por ejemplo, si a un usuario le interesan las *tablets*, puede crear un tablero sobre este tema e incluir recursos, como contenidos o herramientas, o guías y experiencias en las que se utilice este tipo de dispositivo o elementos relacionados con el mismo. Si el usuario también tiene otros intereses, puede crear otros tableros e incluir en ellos los elementos que considere oportuno. Se trata por tanto de un servicio de marcador y de clasificación similar a otros existentes en la Web y disponibles en los navegadores.

Este servicio tiene como particularidad que los tableros pueden hacerse públicos y los usuarios además de incluir elementos en los tableros, pueden documentar, valorar, etiquetar y compartir los elementos así clasificados con otros usuarios. De esta forma Edu-AREA se puede convertir en una herramienta de “curación” social sobre recursos y actividades educativas. Además, la información resultante de esta actividad es muy relevante para el propio sistema, ya que por un lado ofrece información sobre la valoración que tiene la comunidad sobre cada elemento y al mismo tiempo la de cada usuario individual.



Figura 2. Edición de una actividad en Edu-AREA

4. REGISTRO DE DATOS

Durante el uso de Edu-AREA los usuarios realizan una serie de operaciones que son relevantes para la definición de métodos automáticos de cálculo de relevancia y reputación. A continuación se analizan los datos que se registran de dichas operaciones:

- Creaciones. Autoría de nuevos elementos, como actividades, guías o experiencias, o registro de fichas de nuevos recursos. En este punto sólo se tiene en cuenta la creación de elementos que se realiza desde cero, sin partir de ningún elemento o ficha existente. La calidad de estas aportaciones no se encuentra de forma directa en la simple autoría, sino en el uso posterior que se pueda hacer de los mismos. De forma similar, no se podrá concluir la reputación de un usuario directamente a partir de sus creaciones si no se encuentran otros elementos de valoración. Este problema se puede considerar de forma similar al problema de arranque en frío que se describen en los sistemas de recomendación.

En cualquier caso, las creaciones realizadas por un usuario con una reputación ya alta tendrán una calidad inicial presumible también alta.

- **Adopciones.** Se refiere a la utilización que se hace de un elemento, por ejemplo, recursos incluidos en actividades o en guías docentes, o actividades incluidas en guías. Las adopciones implican que no se han hecho modificaciones en el elemento original, pero sí que se hace un uso del mismo a través de un vínculo. El hecho de que un elemento sea muy vinculado contribuye de forma positiva a la consideración de su calidad.
- **Adaptaciones.** Se refiere a copias que se han hecho de otros elementos siempre que se hayan modificado posteriormente. Se trata de evoluciones de fichas existentes en las que se considera que un usuario quiere realizar una mejora o simplemente adaptarlo a su contexto de uso. En cualquier caso, demuestra la valoración positiva que hace un usuario del elemento ya que sirve de punto de partida para la realización de sus propias contribuciones. Por tanto, la existencia de adaptaciones en un elemento supone un punto a favor de su calidad, ya que muestra su interés para otros usuarios. Sin embargo, la falta de adaptaciones no tiene porque significar una falta de calidad si en su lugar se producen adopciones que no requieren de modificación.
- **Curaciones.** Se refiere a la clasificación en tableros de elementos, o la realización de actividades de etiquetado, valoración (*rating*), o la realización de comentarios, que realizan los usuarios con el fin de aportar su visión y valoración personal sobre el elemento. La valoración realizada por los usuarios se encontrará dentro de estas aportaciones, pero el mero hecho de que un elemento haya sido “curado” ya se puede considerar como un elemento de calidad.

Por último, antes de terminar este análisis de datos registrados, es necesario hacer una consideración sobre la necesidad de aplanamiento de los mismos. Teniendo en cuenta que las adopciones y adaptaciones de elementos pueden producirse de forma sucesiva, se debe considerar para un recurso no sólo el número de las mismas de forma directa, sino también en todas las que se realizan a través de su árbol de descendientes.

5. INDICADORES

En esta sección se presentan propuestas para el cálculo de relevancia de elementos de Edu-AREA y de reputación de sus usuarios. Ambos indicadores están relacionados y se calcularán de forma iterativa en base a propuestas de algoritmos conocidos.

5.1 Relevancia

Para calcular la relevancia de los distintos elementos de Edu-AREA se tiene en cuenta principalmente la utilización que los usuarios hacen de los mismos a través de las operaciones de creación, adopción, adaptación y curación.

Para el cálculo de la relevancia hemos considerado algoritmos utilizados en el campo de recuperación de la información. En principio barajamos dos de los más conocidos: PageRank [14] y HITS [15]. PageRank calcula la relevancia o importancia de una página de manera global, es decir, independientemente de la consulta que hagamos, mientras que HITS calcula la relevancia teniendo en cuenta la consulta. Esta característica de ser dependiente de la consulta se adapta mejor a nuestros objetivos,

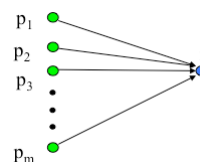
ya que tendremos en cuenta las palabras clave o etiquetas que se asocian con cada uno de los elementos de Edu-AREA.

El algoritmo HITS (*Hypertext Induced Topic Search*) clasifica a las páginas en autoridades y punteros (*hubs*), todo ello para una consulta determinada. Así las páginas autoridad son aquellas más relevantes a una consulta determinada y las páginas puntero son aquellas que apuntan a muchas páginas autoridad. Obsérvese que aunque en un principio parece que se buscan las páginas autoridad, es decir las más relevantes a la búsqueda dada, las realmente interesantes son las páginas puntero, pues apuntan a muchas páginas autoridad. Esta relación de páginas autoridad y páginas puntero es una relación mutuamente ligada. Así diremos, ver algoritmo siguiente, que dada una página i su grado autoridad a_i depende del grado puntero p_j de todas las páginas que le están apuntando (j tal que $j \rightarrow i$). De forma recíproca, el grado puntero p_i de la página i depende a su vez del grado autoridad a_j de las páginas a las que apuntan (j tal que $i \rightarrow j$).

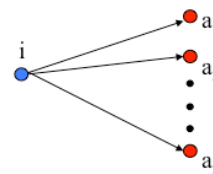
Sin entrar en detalles del cálculo del algoritmo HITS, que no es el objetivo de este artículo, y que el lector interesado puede encontrar en varias fuentes, como por ejemplo en [16] queremos indicar en todo caso que primeramente habría que construir un grafo de vecindad para la consulta especificada a partir de una búsqueda clásica de esa consulta. Una vez construido, habría que aplicar el siguiente algoritmo:

1. Inicializamos a_i, p_i ($i=1, \dots, n$) a 1
2. Repetir hasta la convergencia

$$(2.1) a_i = \sum_{j \text{ tal que } j \rightarrow i} p_j$$



$$(2.2) p_i = \sum_{j \text{ tal que } i \rightarrow j} a_j$$



$$(2.3) \sum_i a_i^2 = 1 \quad \sum_i p_i^2 = 1$$

En términos generales habría que calcular para todas las páginas o nodos de este grafo de vecindad los grados autoridad y puntero partiendo de valores iniciales de 1 y aplicando el paso 2 hasta la convergencia. Aunque no se conoce el número exacto de iteraciones, el algoritmo en la práctica converge rápidamente [16].

Trasladar esta idea a nuestro sistema en donde tenemos recursos, actividades, guías y experiencias parece en principio sencillo y además adecuado, puesto que lo buscamos no es una medida de la

relevancia total, sino para determinado tema, con lo que este algoritmo se adapta razonablemente bien.

Considerando en Edu-AREA los recursos, podemos adaptar HITS pensando en como sus fichas han sido creadas, adoptadas, adaptadas o curadas por determinado usuario. Diremos que un usuario es un experto, en un determinado tema si ha realizado creaciones, adopciones, adaptaciones o curaciones. Y cuantas más haya hecho y de más calidad (o relevantes) sean, más experto será.

De forma similar un recurso es relevante o de calidad en la medida en que ha sido creado, adoptado, adaptado o curado por usuarios relevantes. Y cuántos más usuarios sean y más expertos sean, de más calidad o relevante será el recurso.

Todo ello dentro de un tema determinado, como es también el caso del algoritmo HITS. En resumen, la relación de enlace entre páginas utilizada en el algoritmo se sustituye por acciones de creación, adopción, adaptación y curación. A partir de aquí asociamos el grado autoridad con la calidad o relevancia del recurso y el grado puntero con la reputación del usuario. Emplearemos el término calidad preferentemente sobre el de relevancia para no confundir los términos reputación y relevancia.

A continuación se muestran las fórmulas para el cálculo de la reputación y calidad en base a la adaptación del algoritmo HITS. Se usa r para la reputación i , su grado reputación r_i depende de la relevancia q_j de todos los recursos con los que ha estado relacionado, denotado por $C(j)$. De forma recíproca, la relevancia q de un recurso i depende a su vez de la reputación r_j de los usuarios que se han relacionado con el mismo. Entenderemos por relacionado cualquiera de la actividades típicas en Edu-AREA con los recursos: crear, adoptar, adaptar o curar. Al igual que antes en la fase 3 se realiza la normalización de todas las normalizaciones y reputaciones.

$$(1) r_i = \sum_{i \text{ tal que } i \in C(j)} q_j$$

$$(2) q_i = \sum_{j \text{ tal que } j \in C(i)} r_j$$

$$(3) \sum_i r_i^2 = 1 \quad \sum_i q_i^2 = 1$$

El proceso es similar a lo anteriormente explicado: empezando por asignar a todos las reputaciones y calidad el valor inicial de 1, repetiremos los pasos (1), (2) y (3) hasta la convergencia o hasta una precisión determinada.

Análogamente podemos hacer el mismo razonamiento sustituyendo los recursos por actividades, experiencias o guías.

5.2 Reputación

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua reputación es la “Opinión o consideración en que se tiene a alguien o algo” o “Prestigio o estima en que son tenidos alguien o algo”.

En principio se ha pensado para la reputación partir de la información que calculamos en la sección anterior. Además estamos estudiando la posibilidad de enriquecer esa reputación calculada mediante el algoritmo HITS modificado mediante algún otro tipo de información que se pueda tener sobre los usuarios.

Parte de esta información puede ser la que se guarda en Edu-AREA de cada persona en su perfil.

Partiendo de la información que se cuenta en el perfil, Edu-AREA importa la información que se tiene de la persona a través de otras aplicaciones en la web, como Google Scholar [17], ResearchGate [18] y Microsoft Academia Research [19]. La información que se tiene de estos sitios es la siguiente:

- Google Scholar (GS). Permite conocer la cantidad de citas de un autor junto con su índice h (es el número h de publicaciones que tienen al menos h citas) y el índice i10 (número de publicaciones que tienen más de 10 citas). Para ello el autor ha de estar dado de alta en la aplicación. La información que se obtiene es global, no por tema.
- ResearchGate (RG). Proporciona cierta información sobre los autores (publicaciones, citaciones, descargas, etc.). Entre ellas está la relación de tópicos en los que está interesado.
- Microsoft Academia Research (MAR). Proporciona información acerca de las publicaciones de un autor, así como los tópicos y palabras clave de interés para ese autor.

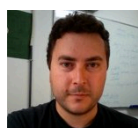
Las tres recopilan publicaciones de cada autor y las tres proporcionan los tópicos de interés de cada autor. La diferencia radica en que sólo MAR recopila los tópicos y las palabras clave a partir de las publicaciones de los autores, mientras que GS y RG tienen los tópicos introducidos por el propio autor. Es más, el autor tiene que estar dado de alta en GS para que puedan aparecer sus datos. En la figura 3 puede verse la información que proporciona MAR de un usuario que no está dado de alta en MAR. Así a partir de una reputación inicial basada en alguna de estas herramientas, podría sumarse a la reputación calculada en (1) de la sección anterior (5.1) y hacer el cálculo con esta aportación inicial.



Figura 3. Detalle de MAR sobre Manuel Caeiro.

Este tipo de reputación puede ser aplicable a personas con un claro perfil investigador. Sin embargo, muchos de los profesores de primaria y secundaria no aparecen en este tipo de herramientas (GS, RG y MAR) debido fundamentalmente a su carencia de producción investigadora. Para ellos se ha pensado en expandir el perfil de Edu-AREA para tener en cuenta la experiencia docente en determinadas materias y así esta información pueda ser tenida en cuenta de una manera análoga a la de investigación.

Así pues, tenemos en cuenta 3 tipos de información en el cálculo de la reputación: perfil investigador, perfil docente y perfil de usuario dentro de Edu-AREA. Para que los distintos usuarios puedan saber quienes son los autores con más reputación en determinado campo, materia o palabra clave, estamos estudiando poner esa información en Edu-AREA, pero no sólo la obtenida a partir de MAR o a partir del perfil, sino la calculada a partir del algoritmo HITS modificado previamente modificado. También se mostrarán los OER que han sido creados, modificados o usados y el número total de modificaciones y usos, similar a las citas que se tienen de un artículo u obra, como por ejemplo en GS. En la figura 4 se puede ver un detalle de GS para un usuario, en donde aparecen ordenados por número de citas cada uno de los artículos de ese autor. En Edu-AREA tendríamos una información análoga en donde se mostrara el número de recursos de cada usuario ordenado por número de modificaciones y/o usos. Es más, parámetros como el índice h o i10 que utiliza GS aplicado a los recursos puede ser una buena medida para incentivar a los distintos usuarios.



Manuel Caeiro Rodríguez

Associate Professor of Telematic Engineering, University of Vigo
Workflow - EMLS - E-learning - Web Technologies
Dirección de correo verificada de det.uvigo.es



Figura 4. Detalle de GS sobre Manuel Caeiro.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se ha presentado una propuesta de cálculo automático de relevancia y reputación en una aplicación web 2.0 de intercambio y manejo de recursos educativos (Edu-AREA). Se trata de una funcionalidad común a otros sistemas de repositorios u referatorios de objetos de aprendizaje, en los que también es

necesario disponer de estos indicadores para ofrecer recomendaciones, búsquedas y exploradores. En cualquier caso, las funcionalidades y características de Edu-AREA nos han llevado a considerar una solución específica basada en el algoritmo HITS de recuperación de información.

Como trabajo futuro estamos realizando la implementación de esta propuesta para realizar posteriormente una evaluación con usuarios reales. También estamos estudiando otros trabajos en el campo de reputación, como por ejemplo [20], para completar y enriquecer nuestra propuesta.

Como trabajo a más largo plazo estamos considerando la posibilidad de expandir la representación de recursos a partir de etiquetas con algoritmos de visualización del estilo de [21] y la introducción de aspectos específicos de calidad a la hora de clasificar los recursos [22].

Todo ello sin perder la perspectiva general de futuro de la propia herramienta Edu-AREA: en primer lugar ahondar la línea emprendida de folksonomías [23] y en segundo lugar añadir funcionalidades de modelado educativo [24][25].

7. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está siendo financiada por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación bajo el proyecto “Metodologías, Arquitecturas y Estándares para e-learning adaptativo y accesible (Adapt2Learn)” (TIN2010-21735-C02-01) y por la Red 513RT0471 del CYTED, RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Recursos Educativos (www.riure.net).

8. REFERENCIAS

- [1] Caeiro-Rodríguez, M., Perez-Rodríguez, R., Garcia-Alonso, J., Manso-Vázquez, M., Llamas-Nistal, M. 2013. AREA: A social curation platform for open educational resources and lesson plans. *Proc. of the 43rd Annual Frontiers in Education (FIE) Conference* (Oklahoma, Oct 23-26, 2013). DOI=10.1109/FIE.2013.6684935
- [2] O'Reilly, T. 2009. *What is Web 2.0*. O'Reilly Media.
- [3] UNESCO. 2012. *Preamble of 2012 World Open Educational Resources (OER) Congress* (Paris, June 20-22, 2012).
- [4] Laurillard, D. 2008. The teacher as action researcher : Using technology to capture pedagogic form. *Studies in Higher Education*, 33(2), 139-154.
- [5] Hart, J., Albrech, B. 2004. *Instructional repositories and referatories*. Research Bulletin, EDUCAUSE Center for Applied Research.
- [6] Conole, G., Culver, J. 2010. The design of Cloudworks: Applying social networking practice to foster the exchange of learning and teaching ideas and designs. *Computers & Education*, 54(3), 679-692. DOI=10.1016/j.compedu.2009.09.013
- [7] Ochoa, X. 2010. Connexions : a Social and Successful Anomaly among Learning Object Repositories. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2(1), 11-22. DOI=10.4304/jetwi.2.1.
- [8] Malloy, T. E., Hanley, G. L. 2001. MERLOT: a faculty-focused Web site of educational resources. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 33(2), 274-6.
- [9] Millard, D. E., Borthwick, K., Howard, Y., McSweeney, P., Hargood, C. 2013. The HumBox: Changing educational practice around a learning resource repository. *Computers &*

- Education*, 69, 287-302.
DOI=10.1016/j.compedu.2013.07.028.
- [10] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., García-Barriocanal, E. 2011. Statistical profiles of highly-rated learning objects. *Computers & Education*, 57(1), 1255-1269.
DOI=10.1016/j.compedu.2011.01.012
- [11] Vuorikari, R., Manouselis, N., Duval, E. 2008. Using Metadata for Storing, Sharing and Reusing Evaluations for Social Recommendations: the Case of Learning Resources. *Social Information Retrieval Systems: Emerging Technologies and Applications for Searching the Web Effectively*, pp. 1–18. Hershey, PA: Idea Group Publishing.
- [12] Ochoa, X. 2011. Learnometrics : Metrics for Learning Objects Categories and Subject Descriptors. *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (Canada, Feb. 27 - March 01, 2011). ACM New York, NY, USA.
- [13] Taibi, D., Fulantelli, G., Dietze, S., Fetahu, B. 2013. Evaluating Relevance of Educational Resources of Social and Semantic Web. *Scaling up Learning for Sustained Impact*, 637-638. Springer.
- [14] Brin, S., Page, L. 1998. The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), 107-117. DOI=10.1016/S0169-7552(98)00110-X
- [15] Kleinberg, J. M. 1999. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM*, 46(5), 604-632.
- [16] Henzinger, M.R. 2001. Hyperlink analysis for the Web. *IEEE Internet Computing*, 5(1), 45-50.
DOI=10.1109/4236.895141
- [17] Google Scholar. Disponible en <http://scholar.google.com>
- [18] ResearchGate. Disponible en <http://www.researchgate.net/>
- [19] Microsoft Academia Research. Disponible en <http://academic.research.microsoft.com/>
- [20] Sabater, J., Sierra, C. 2002. Reputation and social network analysis in multi-agent systems. *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 1*. ACM, New York, NY, USA, 475-482. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/544741.544854
- [21] Sanchez-Zamora, F., Llamas-Nistal, M. 2009. Visualizing tags as a network of relatedness. *Proc. of the 39rd Annual Frontiers in Education (FIE) Conference* (San Antonio, Texas, Oct. 18-21, 2009). IEEE.
- [22] Vagarinho, J.P., Llamas-Nistal, M. 2012. Quality in e-learning processes: State of art. *International Symposium on Computers in Education* (Andorra, Oct 29-31, 2012).
- [23] Caeiro, M., Santos, J.M., Llamas, M., Lama, M. 2014. Towards a Folksonomy Solution to Support Open Educational Activities and Resources in Edu-AREA. *Global Engineering Education Conference* (Turkey, April 3-5, 2014). IEEE.
- [24] Caeiro-Rodríguez, Manuel, Llamas-Nistal, Martín, Anido-Rifón, L. 2006. The PoEML proposal to model services in educational modeling languages. *Groupware: Design, Implementation, and Use*, 87-202, Springer Berlin Heidelberg
- [25] Caeiro-Rodríguez, M., Llamas-Nistal, M., Anido-Rifon, L. 2006, A Separation of Concerns Approach to Educational Modeling Languages, . *Proc. of the 36rd Annual Frontiers in Education (FIE) Conference* (California, Oct. 28-31, 2006). IEEE. DOI=10.1109/FIE.2006.322297

Metadata for Educational Games in Online Repositories

Manuel Freire, Baltasar Fernández-Manjón

e-UCM Research Group

Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid

C/ José García Santesmases, 28040 Madrid (Spain)

+34 913947623

{manuel.freire, balta}@fdi.ucm.es

ABSTRACT

In this paper, we describe the special challenges that educational games (aka serious games) pose for online Learning Object repositories. As in all metadata, a tension exists between descriptive power and the effort needed to create these descriptions. This tension is even greater when describing complex highly interactive multimedia content such as games. We consider serious games as LOs, proposing game-specific metadata, and advocate for game authoring tool support that streamlines its creation.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computer Uses in Education]: Computer-Assisted Instruction – *learning object repositories*, I.7.2 [Document Preparation]: Index generation – *metadata authoring*, K.8.0 [Personal Computing]: General – *games*.

General Terms

Design, Human Factors, Standardization.

Keywords

Game Metadata, Educational Games, Serious Games, Learning Objects, Learning Object Repositories

1. INTRODUCTION

The current technological revolution, together with the widespread availability of ubiquitous, instant communication, is in the process of transforming education. In educational institutions worldwide, students are increasingly reliant on online platforms to interact with course contents, peers and educators. There are several initiatives such as the Open Education Consortium (<http://www.oeconsortium.org/>) that have contributed to the proliferation and availability of high quality content. One of the key aspects behind this computer-mediated learning approach is that of reuse, via reusable educational resources (usually called Learning Objects, LOs). Once authored, LOs can be accessed by any number of learners at essentially zero marginal cost. Since high quality content is expensive to create, reuse could significantly improve the cost-effectiveness of online learning.

But effective reuse requires a degree of standardization and, most importantly, awareness of the existence of the resource. LO

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

repositories allow authors to publish educational resources with associated search-friendly descriptions (metadata). This metadata is then used to match queries by authors interested in reusing existing LOs. Significant research has gone into metadata to describe traditional types of LOs: static documents, multimedia, exercises, and even complex, adaptive lessons built with sequences of the above. This paper focuses on the specific requirements for an increasingly important type of educational resources that can also be considered as LO: educational games (aka serious games).

However, it is complex to describe by metadata highly interactive multimedia content such as games, and a specific balance between metadata authoring effort and metadata descriptiveness is required. We advocate for automatic serious games metadata generation to simplify its use and encourage maximum sharing. Adding extended descriptions should be optional instead of a burden.

Section 2 provides background in game metadata for inclusion into learning object repositories, and provides several examples of actual game authoring tools and repositories. Section 3 identifies the problem of evaluating game suitability and proposes specific enhancements that can improve this process. Finally, Section 4 presents conclusions and future work.

2. GAMES AS LEARNING OBJECTS

Games are a powerful resource for education. Game-play is a natural way of learning, and has been proven to increase engagement and motivation when compared to traditional lectures or other types of online activity [1].

From a platform-centric point of view, however, games are not substantially different from other highly interactive multimedia educational contents. Videos and multimedia presentations are similarly demanding regarding hardware, bandwidth and storage; computer-based exercises can also provide feedback in response to user actions. Moreover, the complexity and branching behavior of any game-logic can also be replicated, at least in theory, using existing educational modeling languages such as IMS Learning Design [2] (which is Turing-complete).

However, games are different in their integration of media, feedback and role-playing to create a markedly different learning experience:

- During game-play, user interaction mechanics are completely replaced to suit the game-world. For example, one game may require controlling a 3-D avatar inside a hospital, while in another the primary means of interaction may be the selection of appropriate interactive dialogue options.

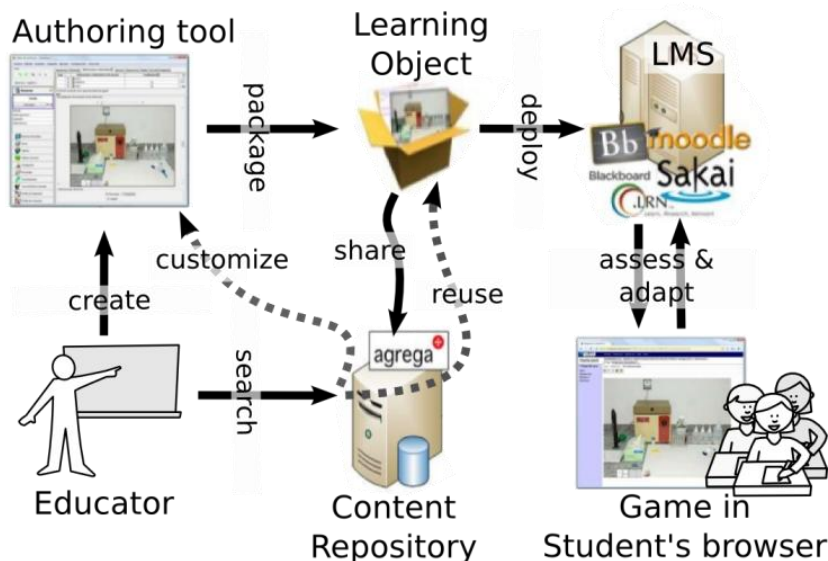


Figure 1. Game as a Learning Object lifecycle: created by educators, packaged with metadata, uploaded to content repositories and deployed to Learning Management Systems to be accessed by students, and hopefully found, reused and customized (dashed arrows) by further educators.

- Games can provide strong narratives that inform and direct the player's actions. These narratives can be fully supported by game-world using bespoke mechanics (see above point), promoting situated and authentic learning.
- Games can be engaging in ways that other content cannot, due to the immersion that results from the above two points. In this sense, games afford a replayability not found in other exercises, as there could be different game behaviors depending on the user interactions or even random events that provide different user experiences.
- Games can be significantly more interactive than alternative activities, and can potentially yield a much greater amount of data via learning analytics.

Standard metadata used to describe traditional content is could be adequate for describing many aspects of educational game LOs; but the above four points (game-play mechanics, narrative immersion, engagement and replayability, and increased interaction data) are not readily captured by current metadata schemes.

2.1 Metadata, Reuse, and Learning Objects

Metadata is used to describe LOs prior to adding them to repositories, and is generally added as a part of the authoring-packaging phase. Metadata can later be used to match queries against suitable LOs, enabling reuse (Figure 1).

Standardized metadata allows for easier interoperability of LOs. Several standards have been developed. IEEE Learning Object Metadata [3] (LOM) is probably the best known. The LOM data model specifies which aspects of a learning object should be described (using 9 categories and around 70 fields) and what vocabularies may be used for these descriptions. All LOM metadata is optional and the fields used in practice are usually defined in "application profiles", which specify which elements and vocabularies are relevant for a particular user community. For example, LOM-ES is intended for use in the Spanish educational sphere, while UK-LOM Core is intended for UK Higher

Education. Other metadata standards focus on simplicity; for instance, Dublin Core [4] can be used to annotate almost any resource with (in its basic incarnation) 15 elements; by comparison, LOM-based metadata typically has around 50 elements. Not all elements are equally complex; in the case of LOM, those in the "classification" category are generally much more complex than, for instance, the "author" field of Dublin Core.

Several LO repositories are being actively maintained by different institutions worldwide. Many of them are federated into the Global Learning Object Exchange (GLOBE), which spans repositories such as that of the ARIADNE Foundation [5] (European), MERLOT [6] (California State University) or LACLO (of Latin American scope). A study by Ochoa et al. [7] on nearly half of the then-current 1.2 million LOs in GLOBE revealed that 20 of the 50 LOM elements were used consistently; of these, including an average of 4 out of the 11 educational elements. Ochoa et al. also reported highly diverse usage patterns depending on community and repository.

2.2 Games in Learning Object Repositories

Adding metadata to an educational game is best done by game authors, since they are in the best position to describe their creation. Authoring tool support allows this to be a seamless part of the authoring experience. For example, the author's research group has developed the e-Adventure editor, which supports IMS-CP, LOM and LOM-ES [8], together with specific support for LAMS [9] and AGREGA.

Table 1. Games in LO repositories

LO type	ARIADNE	MERLOT	PROCOMUN
All types	830297	44901	70598
Games	0,25% (2092)	N/A	0,43% (303)
Simulations	0,72% (6002)	7,75% (3480)	0,19% (137)

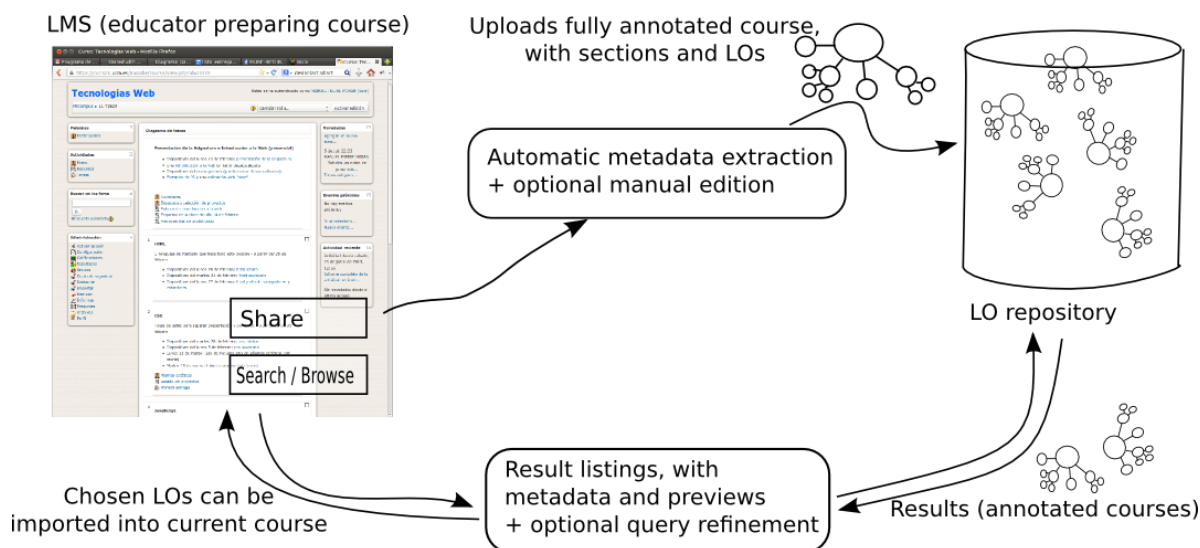


Figure 2. A proposal to expedite and simplify LO reuse by means of contextual metadata: instead of annotating each individual LO, infer its metadata from its context of use within a Learning Management System such as Moodle. Search can also use contextual metadata to find content used in similar context to the location of the query.

Many repositories already contain educational games. The size and characteristics of these games vary widely, but their total proportion in the global LO population is certainly low. Table 1 reports results for the resources of type “game” and “simulation” in AGREGA/PROCOMUN [10], [11], ARIADNE and MERLOT. Although many simulations can be considered educational games in their own right, distinguishing both is a labor-intensive task. For example, a small physical simulation of planetary orbits could be seen as a game (assuming some kind of added narrative) or as a simple graphical plot of ellipses (assuming stable orbits).

In the case of MERLOT, no separate “game” category is available, and upon further inspection, many educational games seem to be lumped into the “simulations” category. Surprisingly, there relative number of simulations/games in MERLOT is a full order of magnitude larger than that of ARIADNE and PROCOMUN, which both fall short of 1%. On the other hand, these figures demonstrate that games are already present in major LO repositories.

Two specialized repositories are ClarkChart [12] and the Serious Game Directory [13]. At the time of this writing (May 2014), ClarkChart [12] lists over 200 games and simulators. Instead of relying on highly standardized metadata, these repositories use their own questionnaires. In the case of ClarkChart, a fully-filled questionnaire has around 40 fields, all optional except for name and URL. The Serious Game Directory is maintained by the Serious Game Association, composed of industry and academia; Game submission requires around 30 fields to index games, none of which are optional.

2.3 Challenges in Learning Object reuse

The problem of content reuse is both of supply and demand, and closely resembles many of the chicken-and-egg situations found in emerging technologies: content authors (supply) will not bother to make their content easy to reuse if the effort required to package it LOs exceeds the perceived benefits of increased reuse; for instance, if potential content re-users (demand) have such great difficulties finding adequate content that they like that reuse

probability is extremely low. In addition, authors are much more likely to invest effort in sharing if they themselves find value in reusing contents created by others. An interesting analysis can be found in [14], advocating the introduction of social features to increase engagement for both authors and re-users.

Figure 2 contains a context-driven alternative to the problem of adding metadata to Learning Objects, arising from discussions at the June 2013 meeting of the Latin-American Network for Learning Object Reuse [15] (RIURE): for many online courses found on institutional LMSs, the course outline itself is a very strong indicator of the educational context (LOM “Classification” elements). This context, if extracted from the LMS within which the content is found, can be sufficient to accurately describe the LO’s use context. Having valid metadata generated without mandatory author intervention (authors would still be free to fine-tune metadata at their leisure) would greatly lower the supply barrier to LO reuse. For example, learning institutions could, without imposing extra burdens on their educators, mandate that all LMS contents be made available in online repositories.

On the demand side, this would greatly enhance the likelihood of there being relevant contents to find for particular queries, especially in the presence of similar curricula. In addition, if the repository is being queried from an LMS, the same method could be used to generate queries for “content found in courses similar to this one”; this would make checking for prospective contents an extremely easy proposition, which would not only increase reuse directly, but also indirectly due to the drive to contribute back to the pool. In Figure 2, we envision two additional buttons in a traditional LMS: one to share the contents, and another to automatically retrieve contextually-related contents for inspection and possible addition.

Although “contextual metadata” can provide context, once prospective matches are retrieved users would be forced to inspect each of them in turn to locate those that they consider most relevant for their students. Making this process faster and more accurate can be achieved in a number of ways. For example, if quality indicators such as ratings or popularity are available, the most promising results can be shown first. Triage can also be sped

up considerably by adding small, visual abstracts for quick inspection. For example, images can be reduced to thumbnails; videos can be sampled at intervals to yield images, which can then be displayed as strips or animated when the mouse pointer hovers above them; and text summarization is already used in many search engines to allow quick visual scanning of item relevance. What kind of automated preview should we expect for interactive games?

3. IMPROVING GAME METADATA

Recalling Section 1, games are different from other media in their use of alternative interaction styles (“game mechanics”) and narrative to provide immersion. A third aspect is replayability, which arises when students want to explore the different outcomes that result from in-game decisions. The consequences of increased interaction for learning analytics proposes are not obviously useful for metadata generation, and are therefore not addressed in this section.

A first approach to game preview generation is to consider games as interactive videos. Whereas videos have a single sequence, each particular play-through in a game provides a video-like sequence, although the play-throughs of two students may differ depending on in-game decisions and/or randomized gameplay elements. In this sense, taking a video of a game-play and using the video to generate a “preview of the game” is not a new idea. Videos are widely used to showcase game-play; for instance, several of the games in ClarkChart[12] offer video previews. Video previews can showcase mechanics, replayability, and narrative. However, they are not easy to automate without significant tool support: the authors must use separate screen-recording software to record themselves while playing; and significant video editing time and expertise may be required to shrink the video to a size and length compatible with online preview.

The concept of playthroughs, understood as sequences of in-game actions that advance the state from start to finish, is currently being explored in an upcoming version of the eAdventure editor. This will allow preview videos to be created automatically, without any user intervention, from the sequence of in-game screens generated while advancing through the playthrough’s actions – as long as the games’ authors annotated at least one representative playthrough during authoring, something that the editor will strongly encourage.

If several playthroughs are defined, they could be used to showcase the replayability aspect and the in-game effects of alternative decisions. In the case of eAdventure, using the aforementioned built-in video generation, we could create a video of the common part, and upon reaching a decision point, provide separate videos showcasing the effect of each decision.

A second, more authoring-intensive approach would be to add a controlled vocabulary for game types and mechanics, which would result additional keywords for inclusion in an appropriate section of the games’ metadata. For example, the classification could distinguish between first-person and third-person view, dialog or action-based, the existence or not of time-pressure, or the use of randomness to influence game outcomes. Additionally, certain mechanics, such as time pressure or required manual dexterity can also have significant impact on game accessibility for students with disabilities, as described in [16].

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Despite the widespread adoption of Learning Management Systems in many educational institutions, repository-mediated LO reuse is the exception rather than the norm.

We advocate for lowering the barriers to reuse as much as possible via automation and reuse integration within institutional LMSs, and propose specific metadata generation geared towards game-based learning objects: reduced authoring costs for gameplay-preview videos to showcase narrative, replayability and specific mechanics, and specialized metadata to describe game-mechanics.

We are currently implementing a new version of the eAdventure serious game editor and engine to support such automated preview metadata generation, while searching for additional standardized vocabularies to describe gameplay mechanics, in addition to maintaining our traditional support for standards such as LOM.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Partial support for this research was provided by the RIURE network (CYTED 513RT0471). The e-UCM research group has been partially funded by Regional Government of Madrid (eMadrid S2009/TIC-1650), by the Ministry of Education (TIN2010-21735-C02-02) and by the European Commission (SEGAN 519332-LLP-1-2011-1-PT-KA3-KA3NW, and GALA FP7-ICT-2009-5-258169).

6. REFERENCES

- [1] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, “Computers & Education A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games” *J. Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, 2012.
- [2] IMS Consortium, “IMS Learning Design Information Model, version 1.0.” [Online]. Available: http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imslid_infov1p0.html. [Accessed: 11-May-2014].
- [3] IEEE Learning Technology Standardization Committee, “Draft Standard for Learning Object Metadata,” 2002. [Accessed: 11-May-2014].
- [4] S. Weibel, J. Kunze, C. Lagoze, and M. Wolf, “Dublin Core Metadata for Resource Discovery,” *IETF Req. Comments*, vol. 2413, pp. 1–8, Sep. 1998.
- [5] Ariadne Foundation, “Ariadne.” [Online]. Available: <http://www.ariadne-eu.org/>. [Accessed: 12-May-2014].
- [6] R. Cafolla, “Project MERLOT: Bringing peer review to web-based educational resources,” *J. Technol. Teach. Educ.*, vol. 14, no. 2, pp. 313–323, 2006.
- [7] X. Ochoa, J. Klerkx, B. Vandeputte, and E. Duval, “On the use of learning object metadata: the GLOBE experience,” *Toward ubiquitous Learn.*, pp. 271–284, 2011.

- [8] A. del Blanco and J. Torrente, “Deploying and debugging educational games using e-Learning standards,” in *Proc. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1–7, 2012.
- [9] Á. del Blanco, E. J. Marchiori, J. Torrente, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, “Using e-learning standards in educational video games,” *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 36, no. 1, pp. 178–187, Nov. 2013.
- [10] A. Sarasa, J. Canabal, and J. Sacristán, “Agrega: A Distributed Repository Network of Standardised Learning Objects,” in *Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living*, 2009, pp. 466–474.
- [11] Ministerio de Educación Cultura y Deporte, “Procomún.” [Online]. Available: <http://procomun.educalab.es/comunidad/procomun>. [Accessed: 12-May-2014].
- [12] C. Aldrich, “ClarkChart, The Registry of Simulations and Serious Games.” [Online]. Available: <http://www.clarkchart.com/>. [Accessed: 11-May-2014].
- [13] Serious Games Association, “Serious Games Directory.” [Online]. Available: <http://www.seriousgamesdirectory.com/>. [Accessed: 11-May-2014].
- [14] X. Ochoa, “Connexions: a social and successful anomaly among learning object repositories,” *J. Emerg. Technol. Web Intell.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2010.
- [15] Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos, “Portal.” [Online]. Available: <http://riure.net/>. [Accessed: 12-May-2014].
- [16] J. Torrente, Á. del Blanco, P. Moreno-Ger, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, “Implementing accessibility in educational videogames with <e-Adventure>,” in *Proc. ACM Int. Workshop on Multimedia Tech. for Distance Learning*, 2009, p. 57.

Use of a Semantic Learning Repository to Facilitate the Creation of Modern e-Learning Systems

Xavier Ochoa
Escuela Superior Politécnica
del Litoral
Km. 30.5 Vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador
xavier@cti.espol.edu.ec

Gladys Carrillo
Escuela Superior Politécnica
del Litoral
Km. 30.5 Vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador
gcarrilo@cti.espol.edu.ec

Cristian Cechinel
Federal University of Pelotas
R. Felix da Cunha 630, Centro
Pelotas (RS), Brasil
contato@cristiancechinel.pro.br

ABSTRACT

Learning Object Repositories (LOR) has been usually implemented as traditional document stores. In this paper we explain the design of a Semantic Learning Repository that expand the concept of LORs to include linked information of entities not usually referred as Learning Objects, but necessary for the implementation of more advance e-learning systems. To demonstrate the usefulness of this new concept, this paper presents the design and evaluation of a Personalized Learning Path Recommender based on the Semantic Learning Repository. The main result obtained from the evaluation is that the inclusion of external information enables more accurate recommendations and these recommendations has a measurable impact on the student learning.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computing Milieux]: Computers and Education-Computer Uses in Education

Keywords

Learning Object Repositories, Semantic Web, Recommender Systems

1. INTRODUCTION

Learning Object Repositories (LOR) has been the backbone for the construction of e-learning systems that provide access to a large amount of learning resources [9]. Traditionally, these LORs has been implemented as document repositories, that is, they are centered around only one entity, in this case, the Learning Object [20]. The information stored in a traditional LOR is the learning resource file and the metadata, in a predefined format, describing that resource [11]. In the case of the learning resource file, some LORs store only a reference to where the file is stored and these LORs are called "Referatories".

The traditional design of LOR while useful for the direct retrieval of Learning Objects, present several shortcomings when used in real-life e-learning systems. First, e-learning systems should manage much more diverse entities that only the learning objects. The learner, the teacher, the lesson (sequence) should also need to be taken into account. E-learning systems usually solve this shortcoming having several repositories for different type of entities: one for the learning objects, other of the user profile and another for the lesson structure. While this let the e-learning system to store all the needed information, it adds complexity to the system and makes very difficult to maintain the very necessary relationships (links) between entities [12].

A second major shortcoming of traditional LORs is their reliance on a single metadata format to describe the learning resources. In the best case scenario this format will be a standard such as Learning Object Metadata (LOM) or Dublin Core (DC), otherwise it will be an ad-hoc structure. Due to this reliance on a single metadata format, a whole area of research on Learning Object Interoperability has been developed in order to be able to interchange information between several repositories [18]. These interoperability issues, again, add complexity to the design of e-learning system, specially if it is desired that their data remain open for others to be used.

Finally, being based on predefined formats for their metadata, traditional LORs are designed to operate with a static structure. If new elements or entities are added to the e-learning system, the LOR will be unable to accommodate them and a new repository, or a major re-design, will be needed to store their information. Rapid changing and adaptable e-learning systems could only communicate with LORs as a source of information, but not as a main component between the architecture of the system [3].

All these shortcomings demand a drastic redesign of the concept of Learning Object Repository to be the main persistence component of modern e-learning systems. This paper introduces the concept of a Semantic Learning Repository that try to solve the problems discussed above and propose a more flexible architecture adjustable to very different kind of e-learning systems. The structure of this paper is as follow: Section 2 describes other solutions to the traditional LOR problems. Section 3 proposes the concept of Semantic Learning Repository and the reasons why it is more flexi-

ble that other current solutions. Section 4 presents the design of a Personalized Learning Paths Recommender System based on a Semantic Learning Repository. Section 5 evaluates the workings and impact of the Recommender system. Finally, conclusions and recommendations are presented to the reader.

2. RELATED RESEARCH

One of the first identified problems and, arguably the one that draw more research attention, is the limitation of using LOM, DC or any other kind of static metadata format as the only source of information about the learning object. Usually metadata is created and stored alongside the object at publication time [13]. However, much more valuable information about the object is created through the lifetime of the objects as teachers and learners (re-)use it, rate it, comment it and share it. Existing metadata standards were not well suited to store this kind of information. One of the first works that try to capture and use this information was Contextual Attention Metadata (CAM) [22]. Martin proposed a metadata format to capture all the interactions that users have with learning objects in order to complement existing standards. A larger movement, supported by the Department of Education of USA, is the Learning Registry [1]. In the same spirit as CAM, the Learning Registry goal is to capture what they call "paradata", social interactions where learning objects are involved.

Other line of research to improve the current design of LORs is the inclusion of Semantic Technologies to increase its capabilities and flexibility. Soto-Carrion et al. [19] proposed the idea of a Semantic Learning Object Repository. This repository enables the use of different metadata formats, expressed as Resource Description Framework (RDF) triplets, to describe a Learning Object. The use of several formats to store information about the object facilitates the interoperability with other repositories and the implementation of more advance search facilities.

While these works expand and improve the concept of Learning Object Repository, they do not solve all their current problems. Adding usage and social information only make it more visible the fact that the entities that generate that information (that is the learners and the instructors) are not present or described in the repository. Using Semantic Technologies could solve this issue, linking learning objects and social actions with new entities, but current implementations do not explore this opportunity.

In the following sections, a model that mixes and builds over these ideas, the Semantic Learning Repository, is presented. Its main contribution is to incorporate linked entities inside the repository in order to better support modern e-learning systems that should deal with more than only the search and retrieval of learning objects.

3. SEMANTIC LEARNING REPOSITORY

The idea of Learning Object was central to the development of e-learning. Learning Object Repositories that were able to describe, store, search, select and retrieve large amounts of learning resources were a disruptive and widely implemented idea [17]. During that time, the phrase "Content is king" [10] was used with reference of the importance of learn-

ing materials. With the advances in pedagogy in e-learning, it was clear that learning was not achieved only by providing good learning resources to the learner [16]. First these objects should be relevant to the current learning objective of the learner, second, they also should be well suited for the learner context [4]. To be able to provide the learner with the right material, at the right time, in the right sequence and in the right format more information that the one traditionally available in metadata about the object is needed. To reach this level of performance, an e-learning system should have information about the learner, the learning objectives, the learning context and a deep understanding of the qualities of the learning resources. This need is based on what usually a human instructor does in order to select materials for their students. In other words, Learners, Lessons, Context, Objects, and any other entity involved in the learning processes "are kings" in the sense that need to be taken into account to provide an effective e-learning system. Traditional LORs are not able to fulfill the requirements of these systems precisely because of their focus on Learning Objects.

To modernize LORs, this work proposes to include other entities as first-class citizens into the repository. These Learning Object Repositories will be no more just about Learning Objects, but about any entity involved in the desired learning process. Learner profiles, course and lesson structure, learning objectives, learning activities, evaluation resources and, of course, learning objects can be described, stored, searched, selected and retrieved with equal ease. The "Learning Object" part of the name of the repository should be replaced by just "Learning" to indicate that any entity involved in the learning process could be included. Moreover, all the entities in the learning process are interlinked: the instructor select the learning object that is published into a LMS as part of a course sequence and then used and rated by several learners. Learners could comment on the object and recommend it to fellow students. This new Learning Repository should be able to meaningfully express these relations and interactions between entities. The more flexible way to represent these relationships between entities is to use Semantic Technologies. The paradata described in the Learning Registry [8] will not be extra information about the resources, but the information that is generated during the learning process and is stored as the relationships between its different entities. These Semantic Learning Repositories can, in this way, manage all the information needed by modern e-learning systems to be able to recommend and personalize diverse learning processes.

The concept of Semantic Learning Repositories solves the LOR shortcomings identified in the introduction of this work. First, if all needed information can be stored in a single repository, there is no need for the e-learning system to include or connect with other types of repositories. Different types of e-learning systems could include different description for the entities and even different entities depending on the learning process they are supporting. Second, the use of Semantic Technologies leads to a format-free repository. Any metadata standard could be used to describe the existing entities. Mapping between metadata standards or ad-hoc structures is greatly facilitated by the use of RDF triplets to store information. The interoperability issues are also reduced if the data is published as Open Linked Data

[2]. In this way, it can be easily consumed by any other Semantic Learning Repository or e-learning application. Finally, changes in the metadata formats and/or stored entities can be easily incorporated into the Semantic Learning Repository without need to change its functionality. This is possible also thanks to the flexible nature of RDF triplets implementation that do not require a predefined schema for the data.

As mentioned in the Section "Related Research" this concept has the potential to be a better and more adequate solution for the implementation of modern e-learning systems. While it is not the first to suggest the storage of more information than just the Learning Object metadata or the use of semantic technologies to store that information, it is the first to model the LOR as a multi-entity semantic repository.

To study the soundness of the concept, the next Section will present the implementation of what could be considered a modern e-learning systems using the an underlying Semantic Learning Repository.

4. PERSONALIZED LEARNING PATH RECOMMENDER SYSTEM

One of the main claims of this work is that the Semantic Learning Repository facilitates the design and implementation of modern e-learning systems. To this this assertion a Personalized Learning Path Recommender system will be designed and implemented from scratch based on this concept. This section describes the different steps of this process for the reader evaluation.

4.1 High Level Description

The main purpose of the system will be to recommend customized learning paths to students based on their preferences. These learning paths will be based on lessons published by teachers. In order to specify the desired system an object-oriented description is proposed:

First, the entity Author (in this case, the teacher or instructor) defines the entity Lesson. Several Lessons could be assembled into an entity Course. A Lesson is no more than a sequence of entities Learning Objectives in a particular order. This Learning Objective contains a topic and a verb. For example, in the objective: "The student should be able to program nested loops", the topic is "nested loops" and the verb is "to use". The Author also define the entity Learning Activity that fulfill a Learning Objective. The Learning Activity could contain one or more entities Learning Objects. All Learning Objects are related to a topic. When the entity Student use the system to require a Lesson, an entity Adaptive Learning Path is created as a sequence of Learning Activities that fulfill the Learning Objectives of the Lesson. The Learning Activities are selected based on the characteristics of the Students. The characteristics of the students are captured first by a This description is represented by a graph in Figure 1.

Given that the Semantic Learning Repository is based on entities and their relationships, there is a one-to-one translation of the object-oriented description and the structure of the repository. The entities that need to be stored in the

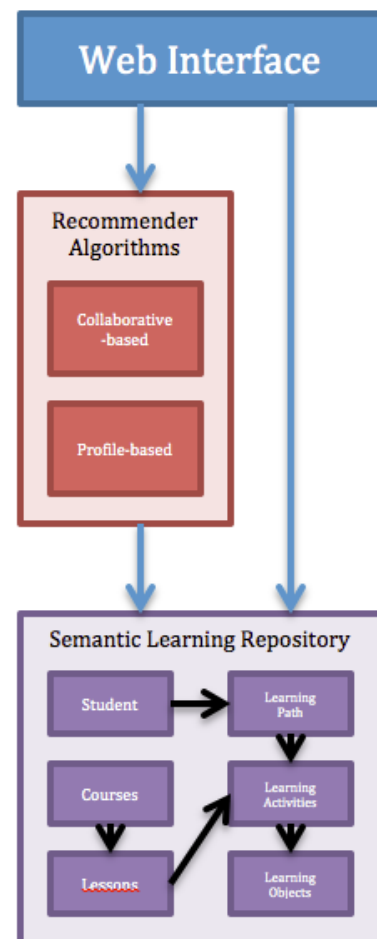


Figure 2: Personalized Learning Path Recommender architecture

repository are: Author, Student, Lesson, Course, Learning Objective, Adaptive Learning Path, Learning Activity and Learning Object.

4.2 Entity Specification

In the next step, each of the identified entities is described in more detail and their relationships with other entities are modeled. The more interesting are described in the following subsections. All these details (characteristics and links) can be, again, easily mapped into the implementation of the Semantic Learning Repository.

4.2.1 Student

Each Student should have basic information related to her account (user, password) and basic identification information (name, institution, etc.). The most important information for the system, however, is the description of her preferences. These preferences will be expressed as the learning styles levels described by Felder [5]. The main relations that the Student has with other entities are: Students rate, comment and recommend Learning Activities (Social Actions), Students start, follow and complete Adaptive Learning Paths, Students follow and complete Learning Activities. The preferences of the students are updated based on

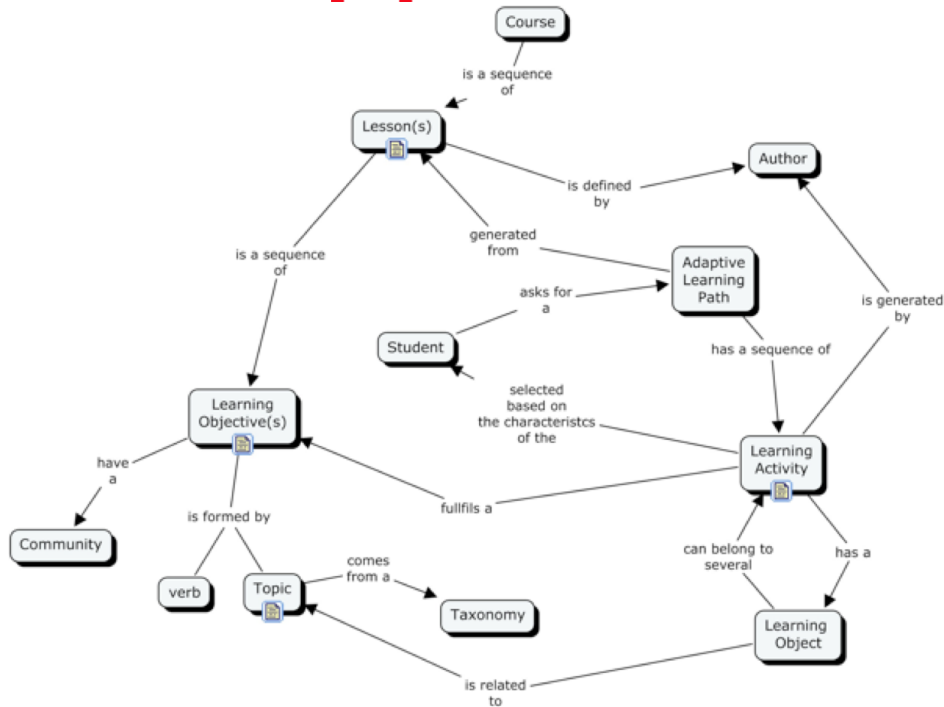


Figure 1: Graph of the object-oriented description of the system

the Social Actions performed with different kind of Learning Activities.

4.2.2 Learning Object

Learning Objects are described using the desired fields presented in the Learning Object Metadata standard. Apart from this information, Learning Objects are related to one or more Topics.

4.2.3 Learning Activity

Learning Activities has information about its title and description. They can be followed and completed by a Student. One or more Learning Objects are included in the Learning Activity. The Learning Activity is related to a Learning Objective that they fulfill. This relation can be created by an Author or automatically by the system based on the topics to which their Learning Objects are related. Each Learning Activity has also a description of the learning styles to which is more suitable. This information can be added by the Author or automatically based on the technical format of the Learning Objects that it contains.

4.2.4 Adaptive Learning Path

An Adaptive Learning Path has only basic information on when it was created. The rest belong to relationships that maintain with several other entities. The Adaptive Learning Path belongs to a Student. It can be started, followed or completed by a Student. The Adaptive Learning Path contain a sequence of Learning Activities selected based on the comparison between the preferences of the user and the description of the learning styles favored by the activity.

4.3 Low-Level Repository Implementation

In order to implement the Semantic Learning Repository, the natural choice, given the internal structure of the data, is to use an RDF store. This type of repositories is able to store and retrieve RDF triplets. In this concrete example, 4Store [7] was used. To facilitate the implementation of the e-learning system in languages that do not support RDF natively, a transformation service between RDF and XML is provided.

The process to store and retrieve entities is briefly described for illustrative purposes. The repository receives a request to save an entity in XML format. This request should contain all the information required to specify the entity:

```
<course>
  <courseID>1003</courseID>
  <title>Some course</title>
  <description>A brief description
    of the course</description>
  <language>en</language>
  <author>xochoa</author>
</course>
```

The metadata is then translated into triplets:

resource	property	value
1003	title	Some course
1003	description	A brief description of the course
1003	language	en
1003	author	xochoa

When the repository received a query request, this is translated to SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Lan-

guage) [15]. The query is then executed in the RDF database. For example, to get the information of the course 1003:

```
SELECT ?p ?o FROM
<http://domain/COURSE> WHERE
{<http://domain/COURSE/ID\#1003> ?p ?o}
```

The database response is then internally translated in a friendly response in XML format, equal to the one used for storing it.

4.4 System Components

Apart from the repository, the system should implement other components to provide the end user (learner) with the Learning Path recommendation. Not being the main focus of this work, these components are briefly described in the following subsections. The whole system architecture is presented in Figure 2.

4.4.1 Recommender Logic

The personalization of the Learning Paths is conducted by this component. When a Student wants to follow a Lesson, this component start to assemble a new Learning Path based on the Student's preferences and the Learning Activities recommended learning styles. The Social Actions information is also use to refine the Learning Path when more than 2 objects fit the eligibility criteria. The component is implemented using Apache Mahout [14] to implement a collaborative-based filtering [6] that use the Social Actions information and a basic rule-base algorithm to conduct the selection of the Learning Activities based on the learning style information. The resulting hybrid recommender is then use to construct the final Adaptive Learning Path.

4.4.2 End-User Interface

A PHP-based Web application was created to provide a final user interface to Authors and Students. Authors are provided with tools to publish Courses, Lessons, Learning Objectives, Learning Activities and Learning Objects. Students are provided with a search facility to find relevant Courses or Lessons and to follow them. The system also provides the Students with tools to perform Social Actions such as rate, comment and recommend to a friend. This system is connected to the Recommender and the Semantic Learning Repository through Application Programable Interfaces (API). An screenshot of this system is presented in Figure 3.

5. EVALUATION OF THE SYSTEM

To gain insight on the performance of the implemented Personalized Learning Path Recommender, two tests were conducted. The first test measured the quality of the recommendation of learning objects compared with the selection made by human tutors. The second measure the different in performance in students that used the recommender compared to the ones that did not use it. The setting of these experiments was the Programming Fundamentals course conducted in a mid-sized University during the years 2010 - 2011. This course provides an introduction to the concept of Programming in the C language and it should be the first programming course taken by students. This

course is mandatory for all the students of Computer Science, Telecommunications and Telematics majors. Students from other majors can take the course as optional credits. Currently, 270 students are taking this course, divided in nine groups. Historically, this course present a large failure rate (>50%), a reason why it was selected as the impact of the intervention could be easily measured.

5.1 Recommender Evaluation

The objective of this experiment was to establish if the recommender system based on the Semantic Learning Repository could perform its job. This job is to recommend objects present in the repository to different kind of students in a similar way in which a human tutor would do it. The experiment consists in comparing the list of Learning Activities recommended by the hybrid algorithm with the ones suggested by an subject-expert subject. One professor of the Programming Fundamentals course received a list of 10 programming study topics. He had to select from the repository those Learning Activities related to each topic, ordering them differently for students that prefer Visual material and for students that prefer Verbal material. At the same time, the recommender component was used to recommend from the same pool of materials those that were in the same 10 topics and for artificially created students profiles with visual and verbal preferences.

To evaluate the similarity of the expert list and the one generated by the system two measurements were obtained: the precision and the Kendall Tau metric. The precision measure the percentage of the relevant documents selected by the expert that were also selected by the recommender algorithm. The Kendall Tau metric measures the difference in the order of the two lists. Results of this analysis could be seen in Table 5.1

Expert		Recommender	
Visual	Verbal	Visual	Verbal
8	20	10	44
9	21	9	41
10	41	8	21
11	44	11	20
20	8	20	11
21	9	21	10
41	10	44	8
44	11	41	9
Precision		100%	100%
Kendall Tau Distance		0.18	0.39

Table 1: Recommender evaluation results

The results suggests that the performance of the evaluation (100% precision and 0.18-0.39 Kendall Tau distance) is very good compared with the state of the art of learning Object Recommendation [21]. This result validate the claim that viable modern e-learning systems could be easily implemented on top of a Semantic Learning Repository

5.2 Learning Impact Evaluation

The objective of this experiment was to have a real-world estimation of the impact that systems based on the Semantic Learning Repository could have in the learning performance

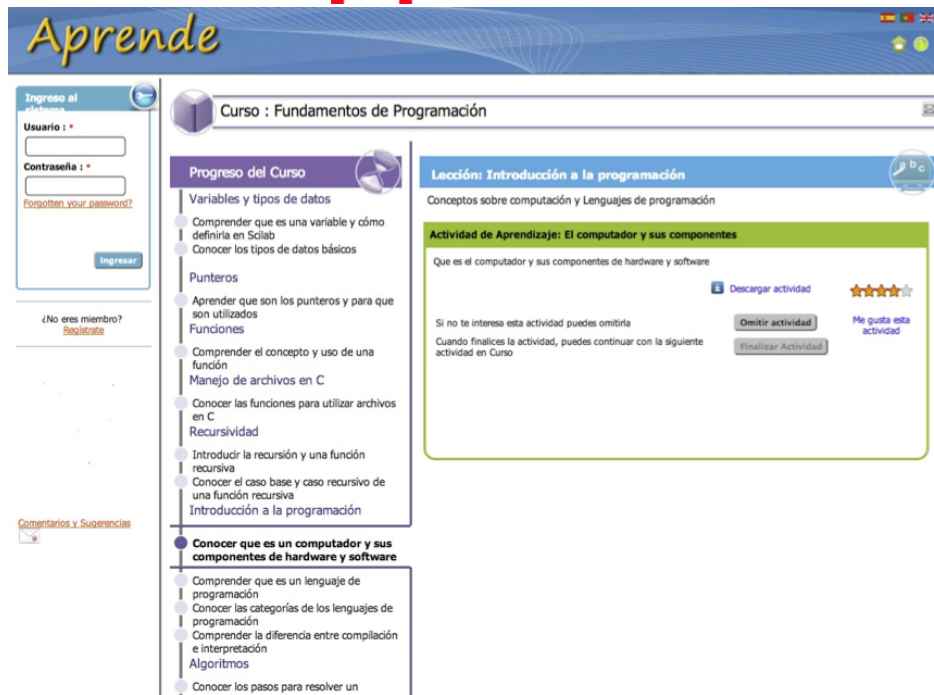


Figure 3: Interface of the Personalized Learning Path Recommender

of students. Two sections (67 students) of the course of Programming Fundamentals at a mid-sized University were involved in this experiment. This intervention took place during the second semester of the academic year 2013-2014. To identify the impact that the use of the recommender system had in their performance, the most problematic Lesson identified by professors of the subject was selected. This Lesson was "Know how conditionals work". During a 3-question test conducted during the previous year, only 1% of the students got 2 correct answers, while 97% were able only to obtain 1 point. During the 2 weeks corresponding to the study of that concept during the course, the students were pointed to the corresponding lesson in the Personalized Learning Path Recommender. After the 2 week period, the same questions asked during the previous-year test were presented to the students exposed to the system.

Sixty-seven students responded to the test to measure their performance in the Lesson "How conditionals work". As it can be seen in Figure 4, most of the students were able to solve the test (right side) in contrast to almost none in the base-line group (left side). Applying a Welch two sample t-test, it was found that there is an statistically significant improvement in the pilot group.

From these results is clear that using the system had an impact on the learning of the students. While the Semantic Learning Repository is not directly responsible for these results, a system that was easily created on top of this repository has the potential to be useful in the real world.

5.3 Evaluation Conclusion

The evaluations made to the Personalized Learning Path Recommender system provide an indication that effective

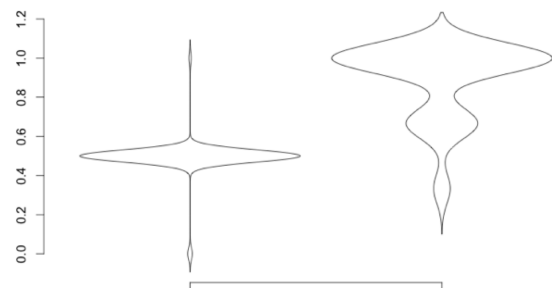


Figure 4: Impact evaluation results.

modern e-learning systems could be easily built on top of the Semantic Learning Repository. The characteristics of this new repository: multi-entity, metadata-format agnostic and relation-capture ready made it easy to implement advanced recommender algorithms that could use a variety of sources of information without the need to connect to diverse non-compatible repositories.

6. CONCLUSIONS

Current Learning Object Repositories (LOR) have serious shortcomings that reduce their usefulness to implement e-learning systems that go beyond retrieving Learning Objects. Even recent advances, such as the inclusion of paradata and contextual metadata or the use of semantic information to lower their dependence on metadata standards

only alleviate part of the problem. Counter-intuitive as it may appear, the only way to improve the usefulness of Learning Object Repositories is to reduce its focus on Learning Objects. As more e-learning systems are learner-centered instead of content-centered, the Learning Object Repository should adapt to include the information about the learner, the learning and the learning context as first-class citizens inside its structure.

The concept of a Semantic Learning Repository that replace the role of the LOR as part of e-learning solutions is presented and described in this work. This concept integrates the ideas of multi-entity storage (storing information not only about learning objects but all the aspects involved in the learning process) with the idea of semantic links between those entities. The combination of these two ideas not only eliminate current LOR shortcomings, but also facilitate the design of e-learning solutions based on top of this new kind of repository.

To illustrate the process of the design and implementation of a modern e-learning system on top of the Semantic Learning Repository, this paper summarize the process from high-level description to low-level implementation. Given the more natural entity-relation based design that a semantic repository provides, the transitions between design and implementation is effortless. The semantic capabilities make very easy to build complex algorithms that exploit the relationships between entities.

To validate the adequate performance of the built system, it was evaluated in two test, one oriented to the technical performance, the other to the overall impact of the system. The result of both test suggest that the built system was up-to-par with existing, more complex, e-learning solutions.

The main conclusion of this work is that simple changes on the 25 years old idea of Learning Object Repository could lead to great improvements on its relevance in the field of Technology Enhanced Learning.

7. ACKNOWLEDGMENTS

The authors of this paper want to thanks the support received from RIURE (Red iberoamericana para la usabilidad de repositorios educativos) funded by CYTED (Programa Ibero - Americano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) and the IGUAL (Innovation for Equality in Latin American Universities) Project funded by the ALFA III Program of the European Commission.

8. REFERENCES

- [1] M. Bienkowski, J. Brecht, and J. Klo. The learning registry: building a foundation for learning resource analytics. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, pages 208–211. ACM, 2012.
- [2] C. Bizer, T. Heath, and T. Berners-Lee. Linked data-the story so far. *International journal on semantic web and information systems*, 5(3):1–22, 2009.
- [3] E. Bogdanov, C. Ullrich, E. Isaksson, M. Palmer, and D. Gillet. From lms to ple: a step forward through opensocial apps in moodle. In *Advances in Web-Based Learning-ICWL 2012*, pages 69–78. Springer, 2012.
- [4] E. Duval. Learnrank: Towards a real quality measure for learning. In *Handbook on quality and standardisation in E-learning*, pages 457–463. Springer, 2006.
- [5] R. M. Felder and L. K. Silverman. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7):674–681, 1988.
- [6] D. Goldberg, D. Nichols, B. M. Oki, and D. Terry. Using collaborative filtering to weave an information tapestry. *Communications of the ACM*, 35(12):61–70, 1992.
- [7] S. Harris, N. Lamb, and N. Shadbolt. 4store: The design and implementation of a clustered rdf store. In *5th International Workshop on Scalable Semantic Web Knowledge Base Systems (SSWS2009)*, pages 94–109, 2009.
- [8] P. Jesukiewicz and D. R. Rehak. The learning registry: Sharing federal learning resources. In *The Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC)*, volume 2011. NTSA, 2011.
- [9] R. Lehman. Learning object repositories. *New directions for adult and continuing education*, 2007(113):57–66, 2007.
- [10] G. Matkin. Learning object repositories: Problems and promise. Technical report, The William and Flora Hewlett Foundation Menlo Park, CA, 2002.
- [11] R. McGreal. A typology of learning object repositories. In *Handbook on information technologies for education and training*, pages 5–28. Springer, 2008.
- [12] X. Ochoa and E. Duval. Use of contextualized attention metadata for ranking and recommending learning objects. In *CIKM 2006*, pages 9–16, Arlington, Virginia, USA, 2006. ACM Press.
- [13] X. Ochoa and E. Duval. Quantitative analysis of learning object repositories. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 2(3):226–238, 2009.
- [14] S. Owen, R. Anil, T. Dunning, and E. Friedman. *Mahout in action*. Manning, 2011.
- [15] J. Pérez, M. Arenas, and C. Gutierrez. Semantics and complexity of sparql. In *The Semantic Web-ISWC 2006*, pages 30–43. Springer, 2006.
- [16] P. R. Polsani. Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital information*, 3(4), 2006.
- [17] G. Richards, R. McGreal, M. Hatala, and N. Friesen. The evolution of learning object repository technologies: Portals for on-line objects for learning. *Journal of distance education*, 17(3), 2002.
- [18] B. Simon, D. Massart, F. Van Assche, S. Ternier, E. Duval, S. Brantner, D. Olmedilla, and Z. Miklós. A simple query interface for interoperable learning repositories. In *Proceedings of the 1st Workshop on Interoperability of Web-based Educational Systems*, pages 11–18, 2005.
- [19] J. Soto-Carrion, E. Garcia-Gordo, and S. Sanchez-Alonso. Semantic learning object repositories. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 17(6):432–446, 2007.

- [20] S. Ternier, K. Verbert, G. Parra, B. Vandeputte, J. Klerkx, E. Duval, V. Ordoez, and X. Ochoa. The ariadne infrastructure for managing and storing metadata. *Internet Computing, IEEE*, 13(4):18–25, 2009.
- [21] K. Verbert, N. Manouselis, X. Ochoa, M. Wolpers, H. Drachsler, I. Bosnic, and E. Duval. Context-aware recommender systems for learning: a survey and future challenges. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 5(4):318–335, 2012.
- [22] M. Wolpers, J. Najjar, K. Verbert, and E. Duval. Tracking actual usage: the attention metadata approach. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(3), 2007.

Modelos de Diseño Instruccional con soporte a Libros Abiertos Colaborativos para Educación Abierta

Virginia Rodés
Universidad de La República
Julio Herrera y Reissig 565,
Montevideo 11100, Uruguay
+598 2408 3311
virginia.rodés@cse.edu.uy

Pollyana Notargiacomo Mustaro
Ismar Frango Silveira
Nizam Omar
Universidad Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação, 930
São Paulo 01302970, Brasil
+551121148207
polly@mackenzie.br

Xavier Ochôa
ESPOL - Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Guayaquil – Ecuador
+59342269773
xavier@cti.espol.edu.ec

RESÚMEN

El reciente movimiento de educación abierta, con su aspecto más visible, los MOOCs - *Massive Open Online Courses*, cursos masivos en línea), hizo con que muchas discusiones surgieran respecto a las potencialidades y amenazas que ese modelo pudiera traer para la educación tradicional, presencial o en línea. En lo que se refiere a los modelos de diseño para los cursos abiertos, mientras tanto, muy poca discusión o proposiciones fueran presentadas. El presente artículo discute propuestas de diseño instruccional para proyectos de MOOCs basadas en la inserción de libros abiertos colaborativos con licencias igualmente abiertas como elementos de soporte a la ejecución de esos cursos.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education] Computer Uses in Education

General Terms

Design, Economics, Reliability, Experimentation, Human Factors, Standardization, Legal Aspects.

Keywords

Educación Abierta, Recursos Educativos Abiertos, Libros Colaborativos, Diseño Instruccional, Licencias.

1. INTRODUCCIÓN

Con el surgimiento de los MOOCs (*Massive Online Open Courses*) en el escenario mundial de la Educación Superior, muchas dudas y preguntas surgieron tanto para los investigadores en Educación como para los profesores, estudiantes y demás interesados en el tema. ¿Destruirán los MOOCs la academia?, preguntaba Vardi [1] en 2012. Posteriormente Russel et al. [2] indagaron si los MOOCs representarían un cambio efectivo en el actual modelo de enseñanza y aprendizaje, una innovación o quizás una amenaza, como también se estudia en [9]. Preguntas similares a las que se presentaban en tiempos en que se producía el surgimiento de las primeras iniciativas en Educación a Distancia, así como en los experimentos pioneros de utilización de computadoras en las aulas.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

La idea de los MOOCs aparece en el horizonte como una promesa de equiparación en el acceso a la Educación de calidad – y por detrás de esa propuesta, extensas redes de estudiantes que, en grupos de pares, se supone sustituirían los tutores de los modelos tradicionales de Educación a Distancia.

Existen muchos defensores y también críticos de este abordaje – por ejemplo, Petre [12] afirma que los MOOCs pueden parecerse a “viejas pociones mágicas en nuevos barriles”, a pesar de que la misma autora admite en [13] que éstos constituyen una gran oportunidad de tornar recursos disponibles para involucrar a los estudiantes distribuidos en una comunidad de aprendizaje. Aún en [13] se afirma que los MOOCs no pueden ser vistos como una forma de eliminar o sustituir los profesores por recursos, y a que el verdadero valor potencial de MOOCs radica en la oportunidad de apoyar a los profesores, haciendo con que estén más disponibles para los diálogos con los estudiantes.

Los MOOCs se configuran como cursos, pero tienen todas las características de un evento alrededor de un tema – en el sentido de que tienen (en general) fechas de inicio y final – abierto – lo que significa que los cursos son llevados adelante de modo gratuito (aunque eso puede no ser verdad, y en general no lo es cuando lo que se busca es la acreditación), que el material queda accesible y disponible, además de que todo contenido generado puede ser compartido entre los participantes. Por su naturaleza, deberían resultar en una base distribuida de conocimiento, con elementos conectados y que permitirían a cada individuo realizar su propia trayectoria de aprendizaje mientras participa de una red de personas congregadas en torno a uno o más tópicos. No obstante, a esa categoría de MOOC se les denomina cMOOCs – o MOOCs conectivistas, y ese modelo está lejos del que ha resultado más difundido, denominado xMOOC, ofrecidos por plataformas como Coursera, edX y Udacity. La Figura 1 exhibe las principales preguntas que emergen sobre el tema.

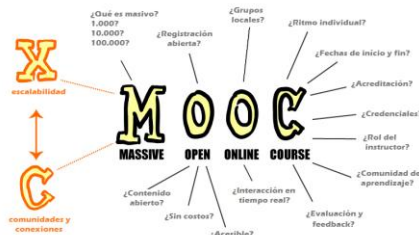


Figura 1. Cuestiones alrededor de xMOOCs y cMOOCs (Fuente: Wikimedia, adaptado)

Además de un modelo educacional, los MOOCs (en especial los xMOOCs) se han convertido en modelo de negocios, cuyos principales *players* son Coursera, Udacity y edX, cada uno con su fórmula para obtener ganancia, sea con cobros de acreditación (como en Coursera y edX) o cobrando el propio curso (como lo hace Udacity). De los tres, solamente Coursera presenta cursos diseñados específicamente para hispanohablantes. Hay plataformas específicas para Estudiantes de habla castellana y portuguesa, como MiríadaX (en Español) y Veduca (en Portugués). En este contexto, es relevante para discutir cuestiones pertinentes a la utilización de recursos educativos abiertos.

2. RECURSOS ABIERTOS PARA UNA EDUCACIÓN ABIERTA

Los REA (Recursos Educativos Abiertos) de acuerdo a la definición clásica de Atkins et al. [22], son materiales de enseñanza y aprendizaje disponibles en cualquier medio y que residen en el dominio público, siendo publicados bajo una licencia abierta que permita el acceso, uso, remix, reutilización y la redistribución sin restricciones, o con restricciones limitadas. El acceso a los REA puede, de manera sencilla, promocionar el aprendizaje individualizado, lo que puede llevar a una efectiva innovación en la pedagogía si combinado con redes sociales y el aprendizaje colaborativo. En ese sentido, estándares abiertos son positivos en lo que se refiere a una más amplia uniformidad de estrategias y mecanismos de acceso a los REA.

En ese contexto, las licencias abiertas surgen como una forma de proteger los derechos de autoría en contextos donde las copias y comparticiones de contenido ocurren sin la permisión de los autores. Así, las licencias abiertas ofrecen un conjunto de estándares para copia y compartición de contenidos en un entorno de legalidad, que se muestra mucho más flexible que el contexto de copyright, donde la ley máxima es tener “todos los derechos reservados”. Así, las nuevas licencias abiertas, como Copyleft o CC (*Creative Commons*), permiten la reutilización y adaptación de recursos digitales – o sus partes, de acuerdo con distintos grados de apertura y propósitos de distribución, como se puede ver en la Figura 2, que explicita diferentes combinaciones de las licencias CC:

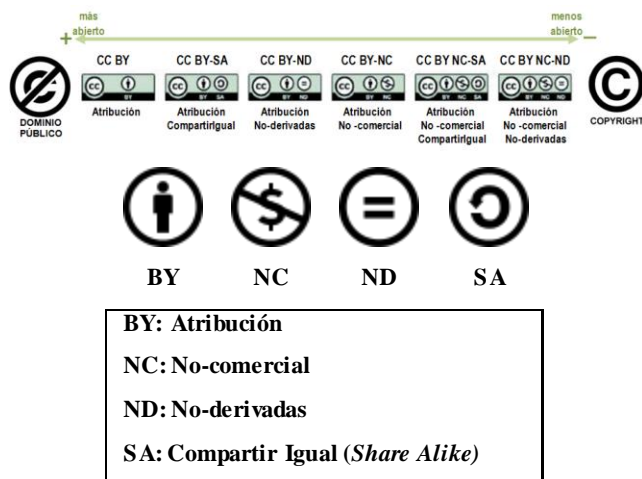


Figura 2. Configuraciones de licencias *Creative Commons* y sus íconos

Según la figura 2, se puede verificar que entre la licencia más ampliamente abierta (CC BY – Atribución) y la menos abierta (CC BY NC-ND – Atribución No-comercial No-derivadas) del espectro de licencias CC, hay solamente seis combinaciones posibles. Matemáticamente, habría dieciséis combinaciones posibles, de las cuales once serían licencias CC válidas y cinco no. De esas, cuatro incluyen dos cláusulas "ND" y "SA", que se excluyen mutuamente; y una no incluye ninguna de las cláusulas. De las once combinaciones válidas, las cinco que no cuentan con la cláusula "BY" se han eliminado, restando las seis presentadas.

Es importante resaltar que las licencias CC se han convertido en un estándar mundial en lo que se refiere a recursos abiertos. En un contexto global, se hace necesario verificar la validez de esas licencias según las leyes locales de cada país y sus niveles de adaptación, lo que se verifica en la Figura 3:

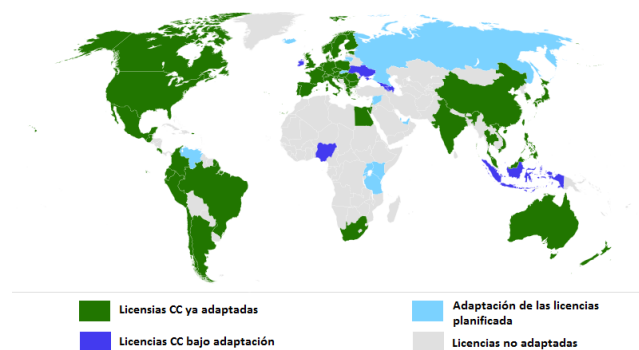


Figura 3. Niveles de adaptación de las licencias CC en el mundo

Muchos REAs eligen la licencia CC BY-SA, cuyos términos se interpretan como una autorización para la reutilización, adaptación y modificación de las obras siempre que la obra derivada mantenga la misma licencia. Una discusión más amplia sobre los aspectos legales de esa licencia y sus relaciones con derechos morales y de autoría puede ser vista en [23]. Hay que señalar, todavía, que la versión más reciente (4.0, de Noviembre de 2013) de las licencias CC son más genéricas y, en teoría, aplicables a cualquier legislación, sin la necesidad de adaptación.

Dado el uso de estos elementos en el contexto educativo, se hace necesario establecer un diseño instruccional propuesto que se examinen las cuestiones relacionadas con el uso de los recursos educativos abiertos en cursos abiertos masivos.

3. DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA EDUCACIÓN ABIERTA

El crecimiento de los enfoques de educación a distancia es guiado por el uso de herramientas intelectuales digitales, así como un “nuevo estilo de la pedagogía que favorece al mismo tiempo el aprendizaje personalizado y la red de aprendizaje colectivo” para hacer al profesor uno “animador de la inteligencia colectiva de sus grupos de estudiantes en lugar de un proveedor directo de los conocimientos” [24, p. 158]. Para este fin, el uso de elementos tecnológicos en el contexto educativo implica un análisis de este tipo de artefactos técnicos desde el punto de vista del conocimiento insertado en estas formas y su uso [25].

En este sentido, es necesario el uso de técnicas de diseño instruccional, es decir, los relacionados con la estructuración de

soluciones educativas a través de técnicas específicas y los métodos de enseñanza. Así, es posible planificar y poner en práctica las propuestas para el uso de los recursos educativos abiertos a partir de cuatro dimensiones [26]: la enseñanza (que afectan a los elementos que facilitan el aprendizaje); sociales (en relación con los tipos de interacción que impone para los estudiantes); gestión (en relación con la estructura de la agenda de actividades y formas de participación a través de diferentes tecnologías digitales de la información y la comunicación); y técnica (que se ocupa de la interconexión entre el hardware, el software y la interfaz).

Por lo tanto, es necesario realizar primero un análisis en relación al contexto y los tipos de materiales que podría utilizarse en el proceso educativo. Teniendo en cuenta los aspectos específicos presentados anteriormente, se realizó un ajuste en el algoritmo de producción de materiales instruccionales de Ellington [29], como la figura abajo:

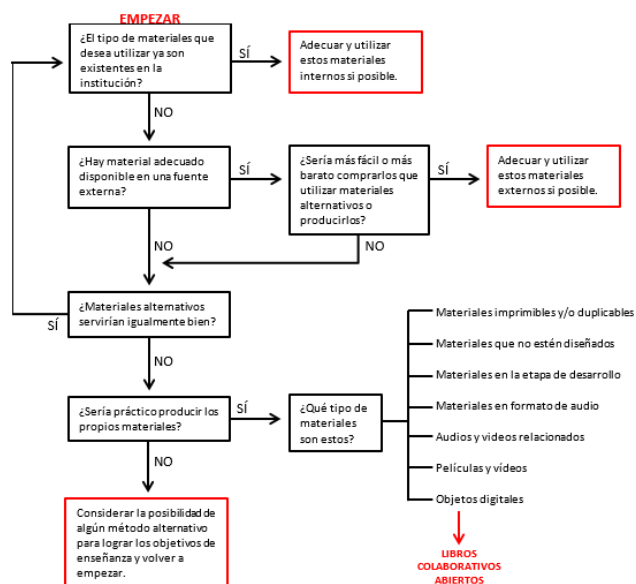


Figura 4. Adaptación del algoritmo de Ellington [29] para el Proyecto LATIn

Y para ampliar la comprensión de esto algoritmo, en primer lugar es necesario considerar pertinentes los pasos de diseño instruccional, tal como se describe en [27]:

1. **Proyecto**, en que es establecido lo que el estudiante necesita para aprender, así como un análisis de la audiencia (nivel de educación, el conocimiento previo, la familiaridad con herramientas computacionales digitales, etc.) e definición de los objetivos y metas educativas pertinentes a la elaboración del curso;
2. **Desarrollo**, en que el diseño de los contenidos del curso se establece, teniendo en vista la selección de los libros de texto abiertos, o sus partes, que comprenden el curso y las herramientas tecnológicas apropiadas;
3. **Evaluación**, donde es efectuada la revisión de los contenidos, los materiales seleccionados, estrategias de enseñanza y las herramientas tecnológicas de acuerdo con los objetivos establecidos para el curso para luego estructurar las formas de evaluación y las mejoras necesarias, así como la definición de la forma de recoger datos para verificar las lagunas a lo largo de lo itinerario de estudios y los mecanismos para su eficacia;

4. **Revisión**, en que se revisa el plan del curso con base en los resultados del paso anterior para hacer las modificaciones demandadas para la aprendizaje de los estudiantes.

Otro aspecto a considerar se refiere a las formas de la motivación de los estudiantes. El área de la psicología coloca la motivación como una "fuerza dirigida psicológicamente" [27, p. 18]. Desde el punto de vista del diseño instruccional, este aspecto puede ser abordado desde las ARCS modelo (*Attention, Relevance, Confidence e Satisfaction* – Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción) [28]. El primer elemento (Atención) se refiere a cualquier mecanismo para conseguir la atención del estudiante y promover este compromiso. Ya Relevancia complementa la Atención para establecer una conexión entre el contenido y los objetivos que son importantes para los estudiantes de cualquier manera. Como complemento, la confianza implica cuestiones concernientes para el éxito del proceso educativo, es decir, requiere que los objetivos estén claramente presentados, así como se debe establecer mecanismos para lograrlos. Por último, la satisfacción permite al estudiante obtener sentimientos positivos a lo largo de las experiencias educativas que involucran esta evidencia en el éxito alcanzado por las características que permiten inferir que el tema, concepto, etc. funcionaba correctamente desde el punto de vista pedagógico.

Estas facetas se enredan en la propuesta presentada en la sección 4 de este documento y fornecen las bases para su adaptación a los MOOCs.

4. PROYECTO LATIn: LIBROS COLABORATIVOS ABIERTOS PARA UNA EDUCACIÓN ABIERTA

Conforme lo que ha sido expuesto por el estudio de Silveira et al [3], que extrapola el estudio situado en el contexto brasileño de Craveiro et al. [4], se sabe que el costo de ser un estudiante universitario constituye la barrera más significativa para el acceso y permanencia de los estudiantes en las Instituciones de Educación Superior de América Latina (IES). Entre el monto total que un estudiante debe pagar está el costo de los libros didácticos, que en el caso de la educación superior en Latinoamérica se torna excesivo para la mayoría de los estudiantes.

Tradicionalmente, la dificultad en el acceso a los libros se ha intentado remediar a través de la existencia de las bibliotecas universitarias, las que en general no cuentan con el presupuesto necesario para atender la demanda de los estudiantes. No es raro encontrar a una proporción de 50 alumnos por libro en cursos de alta demanda en Latinoamérica. Esas razones llevan a que los libros físicos se conviertan en recursos de aprendizaje inaccesibles para los estudiantes, conduciendo a la existencia de copias ilegales, práctica relativamente común entre los estudiantes, según estudio de Rodés et al. [7]

En los últimos años, varios gobiernos de América Latina han atacado el problema del costo de los libros de texto que ofrecen alternativas libres creadas localmente. Libros autorizados por el Estado han sido producidos en masa y se entregan a los estudiantes con excelentes resultados en algunos países, como en Brasil [5], a pesar de que estas políticas no están presentes en todos los países de la región. Esta estrategia, sin embargo, se ha limitado a la educación primaria y secundaria en la que se gestiona de forma generalmente centralizada el plan de estudios. Sin embargo, la diversidad, la especialización y la libertad académica hacen muy

difficil implementar un plan similar para los libros de texto tradicionales en la Educación Superior.

Una de las razones que explica parcialmente los altos costos de los libros de texto en Latinoamérica radica en que la mayoría se produce fuera de la región. Como presentan [5,6] Brasil tiene la más grande producción editorial de la región, constituyendo más de la mitad de los libros editados en el continente, seguido por México, Argentina, Colombia, Chile y Venezuela (en ese orden), mientras muchos de los libros utilizados en las IES latinoamericanas son importados de EEUU o Europa. Además, según varios estudios presentados en [3], sólo una pequeña parte (no más que un 20%) de los libros utilizados en las IES de Latinoamérica fueron creados por autores latinoamericanos. Este problema elemental no está relacionado con la falta de capacidad de producción, sino con la dificultad que los profesores y/o autores locales tienen para publicar y distribuir sus producciones.

El problema con el origen extranjero de los libros de texto tiene varias consecuencias adicionales además de su costo: la mayoría de los libros de texto no están adaptados al contexto de la Educación Superior de Latinoamérica, las versiones más recientes no están disponibles en un idioma en el que la mayoría de los profesores y los estudiantes tienen fluidez (el inglés, en general) y se crea la percepción entre los estudiantes de que el conocimiento siempre proviene de fuera de la región, lo que culturalmente crea un impacto negativo. Esta situación es comparable a la generada por los MOOCs, en especial a los xMOOC: o se realiza un esfuerzo de creación local de buenos cursos abiertos, o en toda la región se repetirá un nuevo fenómeno de colonización cultural, a través de la simple importación de MOOCs generados en el extranjero y no necesariamente conectados con los desafíos y realidades de Latinoamérica. Es importante lo que defiende Davis en [11]: los estilos y estrategias de enseñanza pueden y deben variar de acuerdo a la audiencia y a los materiales.

En ese punto entra la colaboración, que ha sido un camino para los seres humanos para hacer las cosas desde los tiempos antiguos. Los avances tecnológicos facilitan la comunicación y el intercambio de información en formatos digitales, y parecen tener un impacto positivo en nuestra tendencia a colaborar, probablemente porque es más barato y más rápido para que nos comuniquemos ahora de lo que era antes, y es mucho más fácil de compartir objetos digitales que los físicos.

En ese sentido, el Proyecto LATIn plantea la creación de una tríada compuesta de metodologías, plataformas y estrategias de creación y adopción de libros abiertos elaborados de manera colaborativa por profesores y demás autores de la región, en portugués y español. Estos libros pueden ser utilizados como literatura básica en cursos de Educación Superior en los países hispano y luso hablantes (416 millones y 280 millones de hablantes en el mundo, respectivamente), así como servir de soporte a MOOCs producidos en estas lenguas. Ese proceso se puede resumir en la Figura 5, adaptada de [18]:

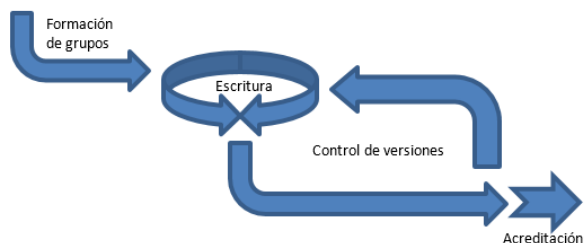


Figura 5. Proceso de colaboración en LATIn

Sin embargo, la adición de licencias abiertas y las nuevas tecnologías no es suficiente para arrancar un proceso diferente de la producción de libros de texto. Estrategias y metodologías de colaboración deben estar en su lugar, con el fin de guiar a los grupos de producción de libros de texto, complementando la propuesta del algoritmo de Ellington [29]. De esa manera, la tríada citada – metodologías, plataformas tecnológicas y estrategias de adopción – compone un ecosistema digital (de acuerdo con las definiciones de [15]), basado en licencias abiertas, cuyo objetivo general es modelar y guiar la creación colaborativa de libros de texto abiertos.

Boley y Chang [15] definen un ecosistema como una comunidad de organismos en relación con los componentes ambientales que interactúan como un sistema cerrado. En base a esta definición se ha adaptado este concepto de ecosistema a las redes de colaboración en el mundo digital, dando lugar al término ecosistema digital [16,17]. Así, el proyecto se ocupa de las cuestiones pedagógicas, tecnológicas y políticas necesarias para que este tipo de iniciativa pueda prosperar con éxito en los países de América Latina, se convirtiendo en un completo Ecosistema Digital para la creación, compartición y mezcla de libros-texto digitales.

Las definiciones en [15,16,17] establecen que un ecosistema digital es un sistema artificial que tiene como objetivo potenciar las dinámicas que subyacen a las adaptaciones complejas y diversas de los organismos vivos en los ecosistemas biológicos, trascendiendo así los entornos colaborativos rigurosamente definidos de maneras tradicionales. El ecosistema digital de LATIn es una comunidad abierta en la cual se puede formar una estructura de liderazgo en respuesta a las necesidades dinámicas del entorno.

En [16] se afirma que el primer componente de cualquier ecosistema es el medio ambiente y sus componentes. En esta analogía los productores y el contenido son los principales recursos que conforman el ecosistema de LATIn. Los productores son los individuos que son capaces de transformar las ideas en elementos multimedia. El contenido es cualquier construcción digital que pueda ser utilizado para enseñar o aprender una idea o concepto. Además de eso, hay que considerar la necesidad de plataformas de soporte y estrategias de adopción de los contenidos generados como elementos efectivos de enseñanza en distintos contextos educacionales.

La Figura 6 exhibe un panorama general de la arquitectura del ecosistema de LATIn, que es descrita con detalles en [8]:

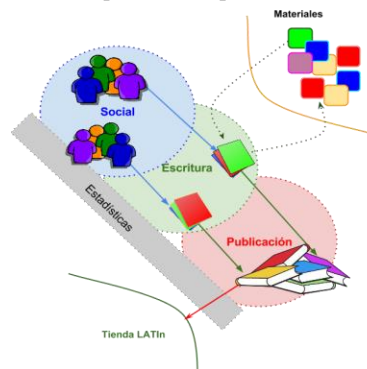


Figura 6. Arquitectura general del ecosistema de LATIn

Como se puede verificar, la arquitectura de soporte al ecosistema consiste de tres plataformas que apoyan el proceso de escritura, es decir: Plataforma Social, a través de la cual se conforman los grupos; Plataforma de Escritura, donde ocurre la colaboración y hay el control de versiones de los materiales creados y compartidos;

Plataforma de Publicación, donde quedan disponibles los libros en versiones usables por estudiantes y maestros. Las siguientes figuras exhiben y comentan las plataformas.

En la Figura 7 se exhibe un *screenshot* de la Plataforma Social. En esa plataforma, construida sobre la *engine* Elgg, los grupos de escritura se conforman según temas definidos.



Figura 7. Plataforma social de soporte a los Grupos de Escritura

En el contexto de LATIn, grupos de escritura deben soportar las diferentes formas en que los miembros del grupo colaboran juntos en el proceso de escritura, siguiendo uno de los patrones de grupos definidos en [8]:

- escritor individual: En esta estrategia, una persona escribe y el resto desempeña otros roles en el grupo. Sólo hay un productor de contenidos.
- escritores separados: En esta estrategia, el documento se divide en partes y diferentes individuos escriben las diversas partes. Aquí tenemos varios productores de contenidos.
- escritura conjunta: En esta estrategia, varios miembros del grupo componen el texto conjunto, de forma sincrónica o asincrónica. Incluso los componentes minuto del texto se deciden por un esfuerzo de grupo.

Una vez conformados los Grupos de Escritura, la siguiente plataforma es de soporte al proceso de escritura. Hecha bajo un *markup* entre las *engines* Booktype y Etherpad, la plataforma soporta actividades de importación, compartición, creación y reutilización de elementos textuales y mediáticos, como se exhibe en la Figura 8.



Figura 8. Arquitectura general del ecosistema de LATIn

Este enfoque presentado anteriormente se basa en la aplicación de los elementos relacionados con el modelo ARCS [28] para estructurar el material y también para dar formato a las formas de uso, y se trató de utilizarlo también como un metadiseño instruccional, incorporándolo en el proceso de producción en sí de los libros de texto abiertos.

La Figura 9 exhibe algunos de los libros ya listos y disponibles en la Plataforma de Distribución.

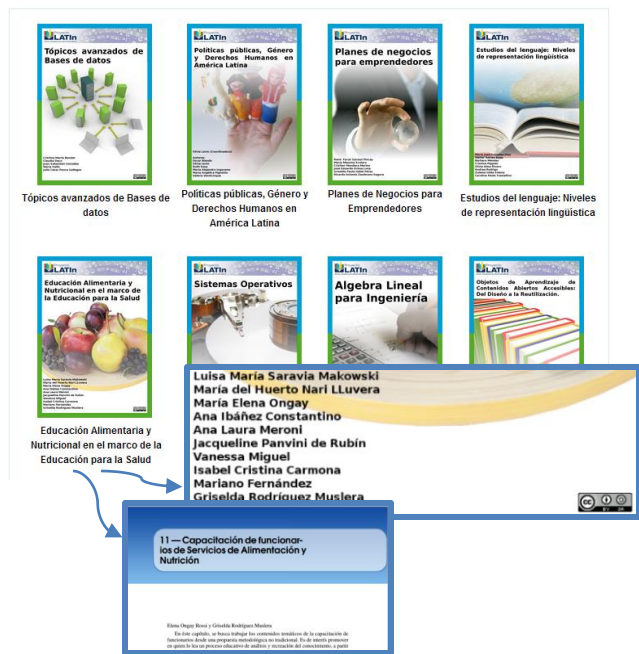


Figura 9. Muestra de libros disponibles en la plataforma de distribución de LATIn, con destaque para los autores, licencia (CC BY-SA) y ejemplo de formato final de un libro versionado

Los textos iniciales se obtuvieron en el ámbito del Proyecto LATIn a través de convocatorias hechas a grupos de docentes e investigadores universitarios a presentar propuestas para la creación de libros de texto abiertos universitarios en las diferentes áreas del conocimiento, dirigidos a estudiantes de Instituciones de Educación Superior (IES) de Latinoamérica. De las propuestas que han sido presentadas, 27 fueron seleccionadas para la etapa piloto y se empezó el proceso de escritura colaborativa.

Una segunda etapa permite la edición, mezcla y modificación de los libros originales. Una vez completadas las dos etapas, es esperado que se puedan aplicar las *guidelines* establecidas en ese artículo respecto a el diseño instruccional y planificar MOOCs que los utilicen como uno de los materiales de base.

Cada uno de los libros hechos será inicialmente utilizados en clases regulares, donde se espera verificar su eficacia en relación a los objetivos de aprendizaje de cada curso a lo cual se destina.

5. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la Internet, hubo una completa revolución de las comunicaciones y de la manera con la cual las personas interactúan. Las TIC han integrado las propuestas educativas contemporáneas para establecer las dimensiones adecuadas de tiempo y espacio a esta configuración de virtualidad. Uno de los cambios significativos en este contexto es la forma de comunicación – se presenta de forma unidireccional, por ejemplo, en las conferencias y de televisión educativa – e interactivo – reducción de los casos unidireccionales. Por lo tanto, el contexto actual es guiado por las propuestas bidireccionales con interactividad ampliada – lo que implica el uso de herramientas digitales (síncrona y asíncrona), portfolios, foros electrónicos, materiales interactivos, etc. – para permitir a los profesores combinar recursos educativos abiertos, estrategias de enseñanza y herramientas computacionales para establecer propuestas que se pueden adaptar a diferentes contextos y permitir una construcción de conocimientos más significativa y motivacional, más allá de abierta y constantemente adaptable.

Tal como se presenta en todo el texto, el establecimiento de mecanismos para la provisión de los recursos educativos abiertos en el contexto de cursos abiertos – masivos o no, requiere todo un marco computacional para su estructuración, así como la experiencia de modelado que se proporcionará a los estudiantes. En ese contexto surge la importancia de la utilización de las técnicas de diseño instruccional para establecer un proceso con vistas no sólo a el alumno, sino también facilitar el diseño para productores de contenidos.

El trabajo futuro consiste en la evaluación del uso extensivo de materiales desarrollados en clases presenciales y en MOOCs, así como los mecanismos de estructuración para la recogida de los datos pertinentes en estas experiencias para utilizar y hacer los ajustes necesarios para la constante mejora del proyecto en su conjunto. Otra perspectiva futura es el desarrollo de los elementos específicos para evaluar el uso de los materiales por el profesorado de diferentes países, lo que puede ser trabajado por medio de rubricas. Por último, destacamos futuros mecanismos de inserción de elementos lúdica por lo medio de la *gamification* en el proceso educativo con el apoyo de materiales desarrollados en el proyecto LATIn.

6. RECONOCIMIENTO

Los autores de ese artículo reconocen el apoyo de la Unión Europea a través del proyecto Alfa III: DCI-ALA/19.09.01/11/21526/279-155/ALFA III(2011)-52.

7. REFERENCIAS

- [1] Vardi, M. Will MOOCs destroy Academia? Communications of the ACM, v.5,11, November, 2012, p. 5.
- [2] Russel, D. M. et. al. Will Massive Online Open Courses (MOOCs) Change Education? Proceedings of CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2013, p. 2395-2398.
- [3] Silveira, I. F., Ochoa, X., Sprock, A. S., Mustaro, P. N. & Bieluskas, Y. C. H. Towards New Computational Architectures for Mass-Collaborative Open Educational Resources. International Journal of Digital Information and Wireless Communications, v. 1, p. 526-540, 2012.
- [4] G. Craveiro, J. Machado y P. Ortellado. “O mercado de livros técnicos e científicos no Brasil: subsídio público e acesso ao conhecimento”. Available on the Internet <http://www.gpopai.usp.br/relatoriolivros.pdf> , 2008.
- [5] K. P. Mantovani. “O programa nacional do livro didático – PNLD: impactos na qualidade do ensino público”. Tesis de Maestría, São Paulo University, Brazil, 2009.
- [6] F. Lindoso. O Brasil pode ser um país de leitores?: política para cultura/ política para o livro. São Paulo: Summus Editorial, 2004.
- [7] Rodes, V.; Ochoa, X. ; Silveira, I. F. ; Casas, A. P. . Percepciones, actitudes y prácticas respecto a los libros de texto, digitales y en formatos abiertos por parte de estudiantes de universidades de América Latina. In: II Workshop em Recursos Educacionais Abertos, 2012, Rio de Janeiro. Anais do CBIE 2012 - Workshops, 2012.
- [8] Silveira, I. F.; Ochôa, X. et al. A digital ecosystem for the collaborative production of open textbooks: the LATIn Methodology. Journal of Information Technology Education, v. 12, p. 225-249, 2013.
- [9] Mehlenbacher, B. Massive open online courses (MOOCs): educational innovation or threat to higher education? OSDOC '12: Proceedings of the Workshop on Open Source and Design of Communication, p. 99, 2012.
- [10] Fox, A. From MOOCs to SPOCs. Communications of the ACM, v. 56, 12, p. 38-40, 2013.
- [11] Davis, B. G. Tools for Teaching. New York: John Wiley & Sons, 2009.
- [12] Petre, M. MOOCs: old snake oil in new barrels? Koli Calling '12: Proceedings of the 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, p. 110, 2012
- [13] Petre, M. MOOCs schmoocs: the education is in the dialogues . ACM Inroads, v. 4, 4, p. 22-23, 2013.
- [14] Atkins, D. E.; Brown, J. S.; Hammond, A. L. A Review of the Open Educational Resources (OER) Movement: Achievements, Challenges, and new Opportunities. Disponible en la Internet en <http://www.hewlett.org/uploads/files/ReviewoftheOERMovement.pdf>. Acceso en 13 de marzo de 2014.
- [15] Boley, H. & Chang, E. Digital Ecosystems: Principles and Semantics. IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies. Cairns, Australia. February 2007. NRC 48813.
- [16] Briscoe, G. & De Wilde, P. Digital ecosystems: evolving service-orientated architectures. BIONETICS '06 Proceedings of the 1st international conference on Bio inspired models of network, information and computing systems. ACM New York, NY, USA, 2006.
- [17] Chang, E. & West, M. Digital ecosystems a next generation of the collaborative environment. Proceedings of the 8th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services. 4 - 6 December 2006, Yogyakarta Indonesia.
- [18] Silveira, I. F. et al. A digital ecosystem for the collaborative production of open textbooks: The LATIn Methodology. Journal of Information Technology Education, v. 12, p. 225-249, 2013.
- [19] Commonwealth of Learning. 2011. Guidelines for Open Educational Resources (OER) in Higher Education. Disponible en la Internet en http://www.col.org/PublicationDocuments/Guidelines_OER_HE.pdf. Acceso en 5 de mayo de 2014.
- [20] CEMCA, 2013. Quality Assurance Guidelines for Open Educational Resources: TIPS Framework. Disponible en la Internet en http://cemca.org.in/ckfinder/userfiles/files/OERQ_TIPS_978-81-88770-07-6.pdf. Acceso en 7 de mayo de 2014.
- [21] D’Antoni, S. Open educational resources the way forward deliberations of an international community of interest.
- [22] Atkins, D.E., Brown, J.S., & Hammond, A.L. (2007). A review of the open educational resources (OER) movement: Achievements, challenges, and new opportunities. Retrieved from <http://www.hewlett.org/uploads/files/ReviewoftheOERMovement.pdf>
- [23] Díaz, P., Rodes, V., Knih, E., Omar, N. & Silveira, I. F. Licencias y derechos de autoría en textos educativos colaborativos abiertos para educación superior. Proceedings de Universidad 2014, La Habana, Cuba.
- [24] Lévy, P. Cibercultura. São Paulo, Editora 34.
- [25] Belloni, M. L. Capítulo 4 - Mediatização: os desafios das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTCI). In Educação a distância. 2.ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2001, p. 53-77. (Coleção educação contemporânea)
- [26] Palloff, R. M. & Pratt, K. Building learning communities in cyberspace. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1999.
- [27] Lens, W., Matos, L. & Vansteenkiste, M. Professores como fonte de motivação dos alunos: O quê e o porquê da aprendizagem do aluno, Educação, Porto Alegre, v. 31, n. 1, p. 17-20, jan./abr. 2008.
- [28] Keller, J. M. How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS models approach. In: Proceedings of the VII Semanario, Santiago, Cuba, 2000. pp. 1-10.
- [29] Ellington, H. Producing Teaching Materials: A Handbook for Teachers and Trainers. New Jersey: Nichols, 1985.

EMATIC: an inclusive educational application for tablets

Carina González, Vanesa Muñoz, Pedro Toledo, Alberto Mora, Lorenzo Moreno

Department of Computer Science Engineering and Systems
University of La Laguna, Spain
{carina;vanesa;pedro;bertomc;lmoreno@isaatc.ull.es}

ABSTRACT

EMATIC project (Mathematics Education through ICT) is a multi-device Intelligent Tutorial System (ITS) focused on the teaching of mathematics, especially for children with educational difficulties. Logical thinking and learning different aspects of basic math are the main learning goals of EMATIC. Also, EMATIC allows students to perform non-repetitively the same type of exercise, making the process of learning something as dynamic and entertaining as if it were a game. This paper examines key issues to support students with special education needs (SEN) in their learning of math, involving the interaction design and usability of the application's interface. The research goals include the identification of the main interaction difficulties and the improvement of the interaction design to get a better suit to these groups of users.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 User/Machine Systems

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Prototyping, Usability Testing, Assistive Technology, Special Education.

1. INTRODUCTION

Researches on mathematics learning in individuals with SEN have mainly focused on numerical concepts, and less on other areas of the mathematics as geometry, measurement or statistics. Most of the research has discussed the number concept, cardinality and counting [1, 2, 3, 4, 6]. We also found research exploring how students with SEN perform basic operations, like additions and subtractions. The results indicate that they can become successful with additive strategies using specific count to develop more advanced skills [7]. Other researchers have been interested in showing success rates by operations as a measure of "What they can achieve." Thus, Buckley and Sacks (1987) [8] conducted a study with 90 teenagers with SEN and found that only 18% of them could recite more than 20 numbers, 50% of them could do some simple addition, a few of them could make a multiplication or division and 6% of them were able to use money independently. We found fewer researches comparing the processes and methods requiring algorithms used by people with SEN with those used by people without disabilities.

Current math trends have proposed to reduce the operational time using paper and pencil, in order to understand and solve everyday problems [9]. It implies to make greater use of calculators and computers, and to develop the skills to estimate and to make mental calculation. This approach is particularly important for people with cognitive impairment, because of their learning difficulties in general, and in mathematics in particular. Consequently, it should be designed a basic education that focuses mainly on the concepts and skills needed to handle everyday situations. Children with SEN are being increasingly integrated into regular schools, following a curriculum tailored to each of them. This has great impact on social integration.

Evelyn H. Kroesbergen and Johannes E.H. Van Luit (2003) [10] present the results of 58 studies of mathematics interventions for elementary students with special needs in three different domains: preparatory mathematics, basic skills, and problem-solving strategies. The results of the study were that interventions in the domain of basic skills, direct instruction and self-instruction were the most effective, and furthermore, interventions involving the use of computer-assisted instruction and peer tutoring showed better effects.

The results of another study by Mayers, Linda S. (2009) [11] suggest that it may be beneficial to use computers as a standard teaching tool. This 20-day study researched whether there was an increase in student attention levels when computer software programs were utilized during mathematics instruction in students with special educational needs. Additionally, it showed that the use of technology could maintain student attention levels for longer periods [12, 13, 14].

Our work investigates the design of a mobile interface (tablet) for students with SEN to teach basic mathematical operations. To do this, this research focuses in the design and development of an inclusive system named EMATIC. In this paper we present how we have applied the participatory design approach for creating EMATIC interfaces and the usability evaluation of the interactive application.

2. EMATIC: Design and development

EMATIC is a multi-device web tool, especially oriented to digital tablets and mobile phones, for teaching basic mathematical operations to children with SEN.

Technologically, the system was developed in Python language on the server side and with the possibility to choose MySQL, PostgreSQL or Oracle as database engine. The interfaces are based on HTML5, CSS3 and JavaScript, as shown in figure 4. This web platform gives access to the different users of the

application (students, teachers or administrators), allowing to each role to access only the granted processes and assigned actions (Figure 1).

The software is adapted to mobile devices aimed at two distinct profiles: adults such as the specialists who need to create quick and easy educational and cognitive rehabilitation activities and children with SEN children who need friendly and fun software to perform the activities recommended by specialists.

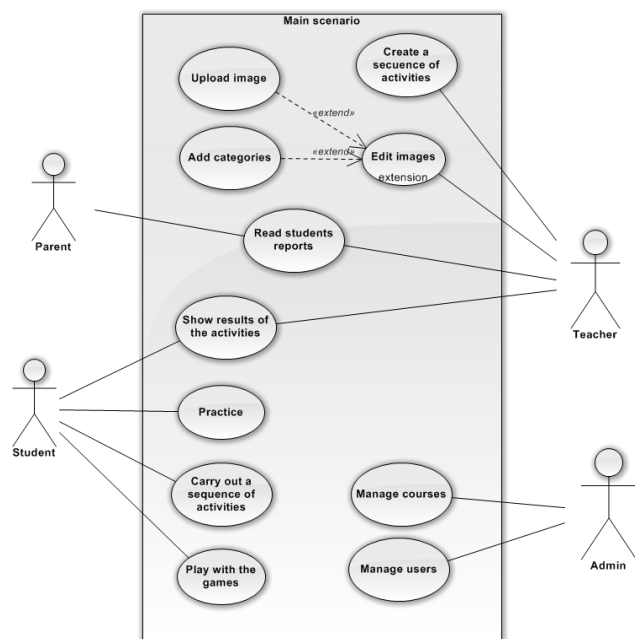


Figure 1. Use case diagram of the EMATIC scenario.

Structurally, the system has been designed with modular software architecture. The knowledge to be taught is defined in the *domain model's module*. The individual characteristics of the student and the individual knowledge about the domain are stored in the *student model's module*.

EMATIC also includes a module for creating educational activities, which allows the professionals of education to design custom activities for a pupil or group of students (*authoring module*). Those designs may be either completely fixed, or allow randomized variations of the activity in an adapted sequence to the student. Another module allows pedagogical experts the design and construction of activities strategies (*tutor module*). Those strategies may include very different behaviors such as: free navigation through activities, fixed sequences, conditional sequences, and gamifications. Furthermore, teachers can manage users, groups and activities through the *management module*. Students complete their activities using the *execution module*. Finally, results may be explored using *visualization module*. Individual records visualizations are especially suited for the use of students, parents or tutors, and teachers. The visualization and analysis of aggregated group results may be accessed by teachers and education directors.

2.1 Domain Model's Module

This domain model's module has the knowledge of the subject and the rules and relations among the concepts. From this module the tutor module can obtain the knowledge to be imparted.

The domain of EMATIC is formed by the concepts of logic, numbers and operations with single and double digit numbers, problems and algorithms of addition and subtraction. Related to these concepts, there are 10 different types of activities categories (classification, relationships, mapping, quantifiers, counting, recognition, cardinality, ordering, ordinality and problems) [15] and more than 150 tasks templates (Figure 2).

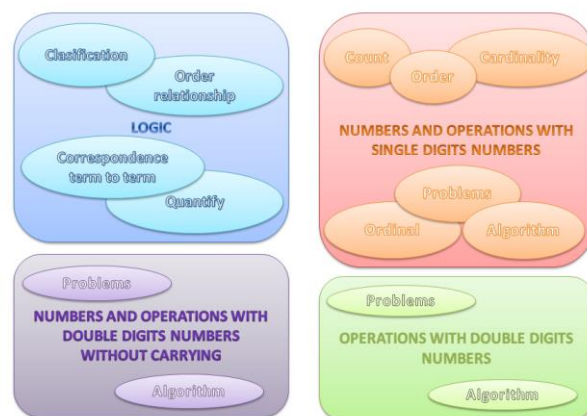


Figure 2. Categories of activities in EMATIC

2.2 Student Model's Module

The student model stores all the information about the pupil (knowledge, preferences, learning styles, etc.) It is composed by the student profile (persistent information such as cognitive age or disability) and the student's records (collected data through the interaction with the system). EMATIC software facilitates the processing of interaction data for cognitive reasoning tracing of the child during the execution of a task or set of tasks. Therefore, based on the domain model, the student model is responsible of the generation of the student knowledge state.

2.3 Authoring Module

Professionals of education can create educational activities for a pupil or group of students. It's possible a setting up of the activities to limit the randomness in creating personalized exercises and the group of the exercises for the students. The setting up of an activity consists on the particular definition of a type of activity in the system (classification, ordering, relations, etc.). Additionally, teachers can define a custom audio for the instruction in order to replace the "Text To Speech Agent" (TTS). They can also set up the maximum time for testing and the maximum number of attempts to pass the activity. Moreover, teachers can choose and replace the collection of pictures to be used in the activity, selecting the most suitable for each type of activity.

2.4 Tutor Module

The tutor module includes knowledge about teaching strategies, in order to adapt the strategy taking into account the information of student module (knowledge state and profile). Thus, the student model delivers the style which best suits the user; then the tutor module selects the most suitable pedagogical style, according to the particular characteristics of each student. Moreover, this module implements the gaming mechanics of the system.

2.5 Management Module

In the management module, teachers can create and manage their students' users and their groups, introducing also additional information and characteristics to students. Teachers may be in charge of several groups, for example, they can have different students in diverse institutions. Moreover, teachers can assign activity settings to students groups.

2.6 Execution Module

EMATIC stores all interaction data, stepper made by the user in solving a task in order to determine and infer the reasoning performed by the child during the task execution.

Each exercise evaluates some cognitive abilities. These exercises may be randomly generated based on the collections and images loaded into the database. When a student selects an exercise, this is generated and displayed to the student. When the student answers, it is stored in the database with specific meta-data (images that were shown related with which collections, etc.) That information completely defines the exercise showed to the student, allowing the reproducibility of the exercise.

The results of the session are compiled and interpreted by the tutor module. The obtained result may be knowledge of the imparted subjects. The gathered information also is used to update the stack of goals to fulfil during the session that is taking place.

2.7 Visualization Module

EMATIC includes a data visualization module, which provides specialists with a tool to discover patterns in relation with certain learning difficulties. Moreover, teachers can analyze different groups of students with a same disability (for example, Asperger) (Figure 4).

Students also can see their results through the visualization module, but with specific adaptation to their profiles.

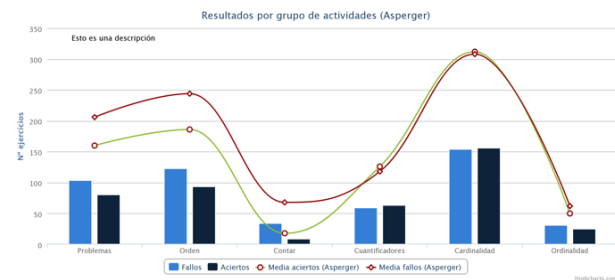


Figure 3. Results by activities order by groups (features)

3. EVALUATION

3.1 Methodology

The interfaces have been designed by usability standards for both a mobile device (such as tablet) and through a desktop computer (Figure 4). This allows the interaction with the visual elements using mouse and touch screen through the tablet. We considered necessary to do a special effort to overcome the problems faced by children with SEN (such as language problems, difficulty in the transference and consolidation of learning and final motor skills problems).



Figure 4. EMATIC welcome interface.


Due to the special characteristics of target group, the design took into account the methodologies that guide universal and inclusive design (the design of products and environments to be usable by all people, greatest extent as possible, without adaptation or specialized design) [16, 17, 18]. Moreover, it also considered the seven principles proposed by the Centre for Universal Design at North Carolina State University (1997) [19].

The user experiences in mind of researchers and designers are very different to SEN users, making difficult to identify with or relate to these users. Furthermore, involving people with impairments in the design process is very challenging, especially when impairments affect cognitive functions or communication. Therefore, in order to attain the stated research goals, the participatory design (PD) approach [20] was used. The study involved a group of experts in mathematics, psychologists, pedagogues, from University of La Laguna. Different kinds of techniques were conducted with experts: persona [21, 22, 23], prototype testing and interactive redesign [24] and usability evaluation [25, 26, 27].

Tests were used to complement each other. The topics for testing were adapted from 11 usability heuristics, with more than one hundred of items, to evaluate the user interface design (Nielsen [26] and Pierotti [27]).

Moreover, a focus group with experts was conducted, combining with the persona technique [23], in order to analyze the weakness and straightness of interface, taking a particular user profile in mind.

Table 1. Example of the template of “persona” used in the validation.

Character		
Name	Luciana	
Age	16	
Gender	Woman	
Education Level	Childhood Education (1 st level)	
Context		
When?	She uses the computer from Monday to Friday, (30 minutes by session)	
Where?	Down Tenerife Association	
With who?	She uses the computer in support her classes in company of her teacher and partners.	
Mission		
Goals	<p><i>General goal:</i> To develop the reasoning and to associate it to solving problems of the daily life.</p> <p><i>Specific goals:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) To develop the perceptive levels. b) To develop concepts of quantity. c) To develop logical thinking. d) To know the basic vocabulary of mathematical expressions. e) Knowledge and use of calculation (addition and subtraction) in simple operations. 	
Description		
<p>Luciana is 16 and has Down syndrome (moderate), she has been integrated into school and she is currently in a classroom of adults.</p> <p>Some quantitative data that can help determine the development of Luciana:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mental Age: approximately, 6 years -Verbal-Score: 37 -Manipulative-Score: 43 -IQ-55 (according to her chronological age) 		

3.2 Results

The evaluated heuristics were the following:

1. Visibility of system status
2. Match between system and the real world
3. User control and freedom
4. Consistency and standards
5. Error prevention
6. Recognition rather than recall
7. Flexibility and efficiency of use
8. Aesthetic and minimalist design
9. Help users recognize, diagnose, and recover from errors
10. Help and documentation
11. Skills

Each heuristic was measured according the following severity by increasing rating (possible answers):

1. No usability problem: “I don’t agree that this is a usability problem”
- 2 - Cosmetic problem: “I think it’s an esthetical usability problem”
- 3 - Minor usability problem: “I think it’s a low usability problem”
- 4 - Major usability problem; important to fix: “I think it’s a high usability problem”
- 5 - Usability catastrophe; imperative to fix: “I think it’s a catastrophically usability problem”

The results of heuristic evaluation are showed in Table 2.

Table 2. Heuristics evaluated (adapted from Nielsen and Pierotti) [27]

Heuristic / Severity Ranking	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	11 %
1	61,4	70,83	47,92	66,67	59,26	62,50	69,70	50	72,22	54,17	43,02
2	0	8,33	6,25	14,29	3,70	4,17	10,61	8,33	0	12,50	29,01
3	7,89	8,33	6,25	2,38	3,70	20,83	10,61	0	5,56	4,17	11,02
4	9,65	6,25	20,83	4,76	14,81	4,17	3,03	25,00	16,67	12,50	8,05
5	6,14	6,25	18,75	11,90	18,52	8,33	6,06	16,67	5,56	16,67	8,9

The system should inform users of system status, giving appropriate feedback within reasonable time. More than half of the responders (61%) think that there isn’t an usability problem, but people think that exist an esthetical problem (15%). Cathastofical usability problem is reported less than any other options (6%) (Figure 5).

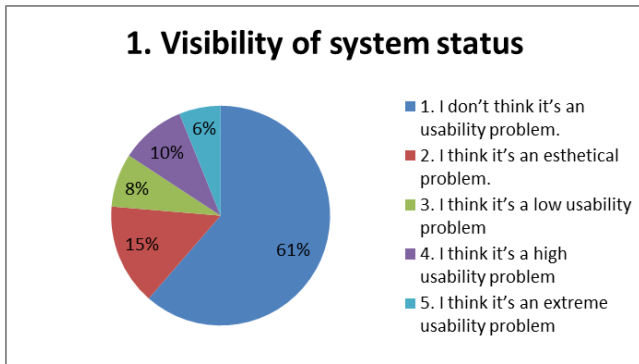


Figure 5. Results of the first heuristic evaluation

In relation to the language, the system must use the language of users with words or phrases that are known, rather than with the terms used by experts. Regarding this, the results show that for the user is not difficult to use the system. Most of responders (71%) think that there is not problem with this usability issue (Figure 6).

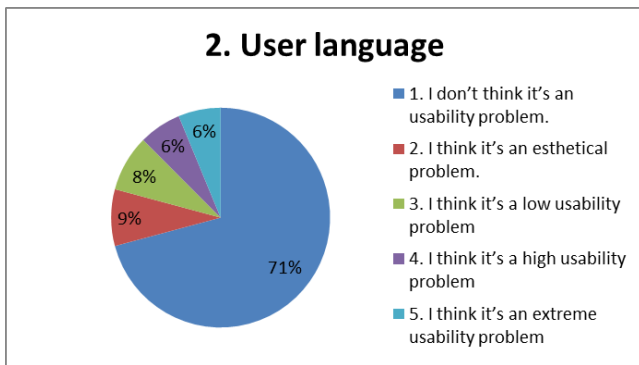


Figure 6. Results of the second heuristic evaluation

When users choose an option from the system by mistake, the system should have the undo and redo options to provide users with an easy way out without using extended dialogues. It is an important aspect to improve in EMATIC, with a reported 19% of a critical usability problem and a 21% of high usability problem (Figure 7).

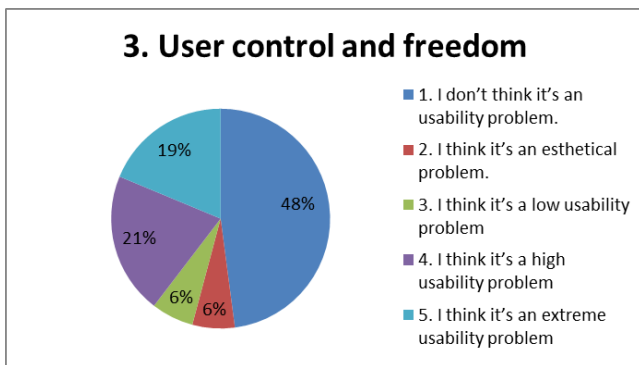


Figure 7. Results of the third heuristic

Consistency is a fundamental design principle for usable user interfaces. It means that users should follow general rules and

conventions in the system. About this issue, the results show a low usability problem (67%). However, it's slightly significant a catastrophically usability problem with 12% (Figure 8).

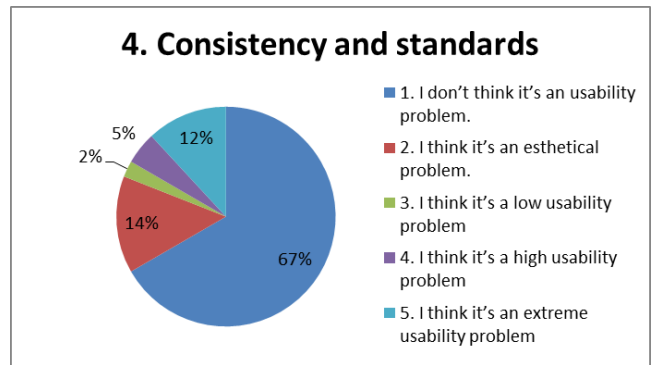


Figure 8. Results of the fourth heuristic evaluation

Error messages should be expressed in plain language, precisely indicating the problem and they should be constructive. In this issue, while the 59% of experts think that this is not an usability problem, the 33% responses were found reporting catastrophically or high usability problem (Figure 9).

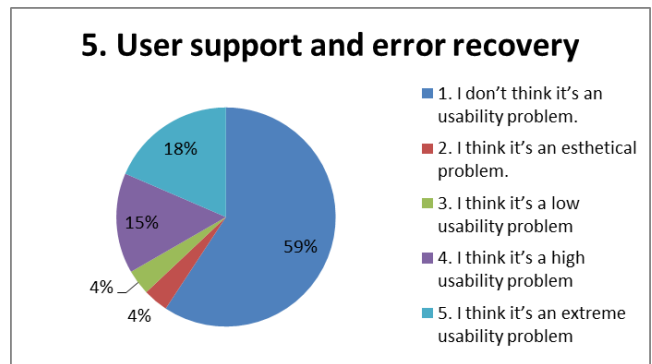


Figure 9. Results of the fifth heuristic evaluation

Next graph shows the error prevention usability problem (Figure 10). Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place. In this usability heuristic we found that the 63% do not think that there is an usability problem, but the 12% think that it is high or extreme usability problem. Consequently, we need a careful design which prevents problems before they occurs.

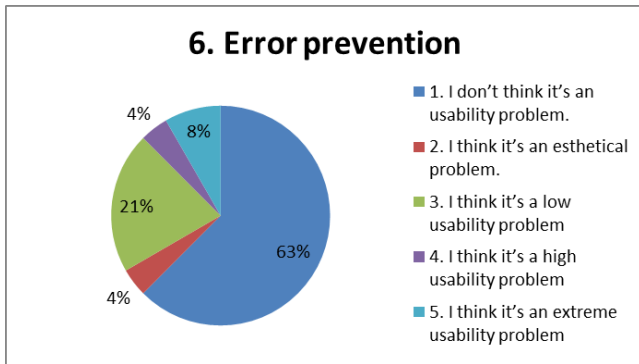


Figure 10. Results of sixth heuristic evaluation

The system should minimize the information that the user must remember. Instructions for use of the system should be visible or accessible to the user when it is required. Ematic carried out a significant effort in this area, as the results show (70% of experts don't think that it is an usability problem) (Figure 11).

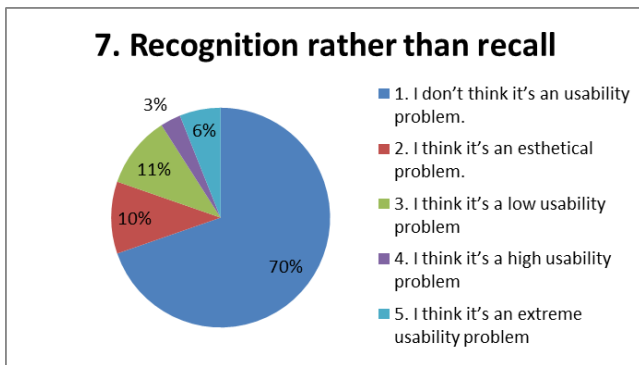


Figure 11. Results of the seventh heuristic

Regarding to the user efficiency and flexibility heuristic, it is important that the system allows the customization. The results show us that we are in an early step about this issue (42% of high and extreme usability problem) (Figure 12).

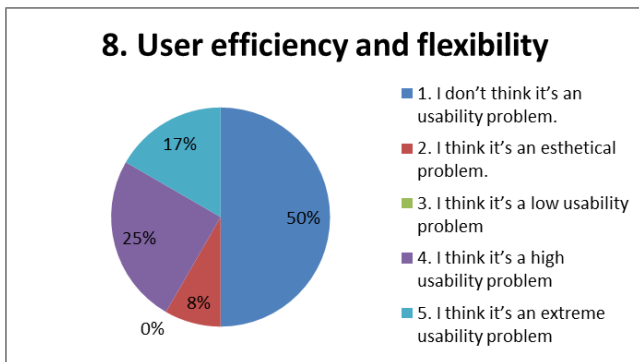


Figure 12. Results of the eighth heuristic

Design is much more than making something look pretty. Studies have shown that designs that look good have a higher probability of being used and users perceives that the system is easier to use [29]. The interface should not contain information that is not

relevant or is rarely used, because each additional unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility. For this reason, we believe that the obtained results are good (72% don't think that it is an usability problem) (Figure 13).

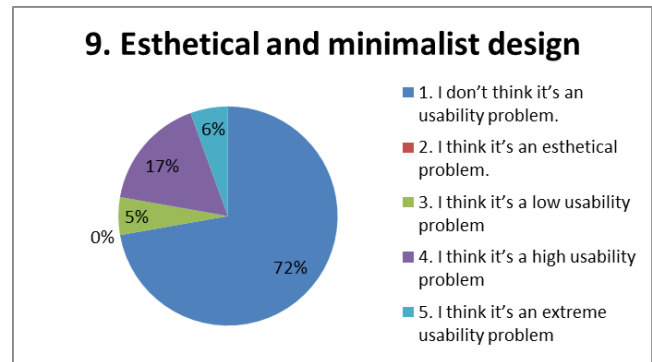


Figure 13. Results of ninth heuristic evaluation

The help and documentation of the system has to be easy to find, and focused on user tasks. As shown in the graph (Figure 14), the 29% of experts think that this heuristic is a high or extreme usability problem. So, this is a important issue to improve in next version of EMATIC.

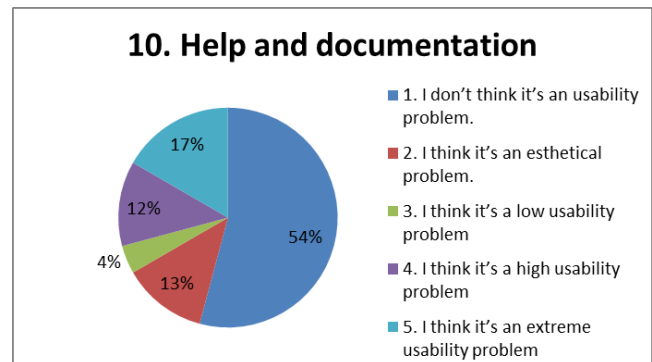


Figure 14. Results of the tenth heuristic evaluation

To conclude, we analyzed the necessary skills to take full use system. Note that the following data must be contextualized in a Down syndrome environment. So, in this issue we have found the highest usability problems (57%) (Figure 15). At the same time, this issue is the major challenge of EMATIC system: to create an usable, accesible and adaptive system to the Down syndrome profile, taking into account their limitations and skills.

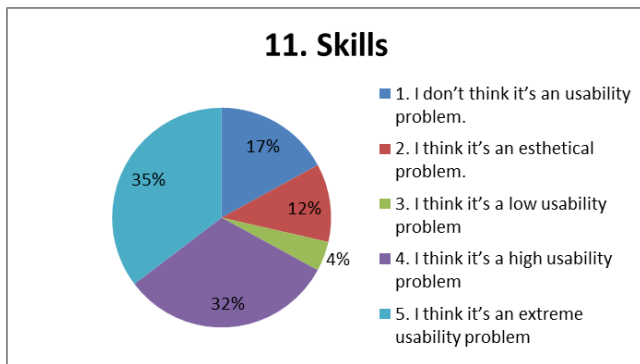


Figure 15. Results of the eleventh heuristic evaluation

Moreover, as result of the focus group, the weaknesses of the interface detected by experts were the following:

- The interface is not adapted for people with hearing or visual disabilities, and it is a high usability problem.
- The randomness in the creation of activities may cause different kind of additional difficulties, such as: drawings of activities that are not understood or not distinguished from the background, exercises with no correctly contextualized pictures or semantic sense. Sometimes, the interface is heavily overloaded with objects, and in other times, it only shows very few of them.
- Accuracy is low when objects are dragged and dropped in an area.
- A more expressive virtual agent is needed.
- Sometimes, computer energy saver interrupts the activity.
- Tablet keyboard is complex for text answers entry (in our case, it is needed only for login).
- Regarding the skills needed to work with the tablet, the experts think that it could be difficulty for people with SEN working autonomously.
- It is easy to unintentionally exit the program.

And as strengthens, experts noted the following issues:

- It is great to have a specific support for tablets.
- It could be a highly motivating tool if properly applied.
- The advantage of the touch device facilitates a more intuitive interface for children or people with disabilities.
- The customizing of the user interface and the adaptation to different levels and abilities are high value features of EMATIC.

Another important suggestion is related with menus. They should be picture-based designed instead of text-based. Furthermore, the login to the system should be based on avatars recognition and selection instead of requiring a typed username.

4. CONCLUSIONS

Usability is an issue that is becoming increasingly important in a software development. In the current environment, in which software systems are aimed at a special audience (SEN children) and the increasingly experts a management system, usability is a fundamental attribute highlighting the success of a software application.

For this reason, it's important to pay special attention to usability while building a system. It is usual to find serious usability errors in the time near to final stages of a project, and consequently the development time may grow to correct such problems. Once determined and showed how users interact with the system, potential problems that may occur are pointed out, and avoided during the next development phase.

The most important usability problems founded in EMATIC were about user control and freedom, user support and error recovery and skills needed to use the application. On the other hand, good feedback results were gathered in relation with and esthetical, minimalist design and user language.

At this time, EMATIC is being improved, solving the different bugs reported about flexibility and efficiency, design, support, languages and sounds, consistence, error prevention, etc. in order to meet special user's expectations and professional who interact with them.

As future work, a validation of the system with different areas of SEN children will be carried out.

5. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thanks to the experts from the fields of Didactic of Mathematics and Psychology that have participated in this study. Specially, we are very grateful to the Down Tenerife Association for their support and collaboration with our research.

6. REFERENCES

- [1] Abdelhameed, H., and J. Porter (2006), "Counting in Egyptian Children with Down's Syndrome", *International Journal of Special Education*, vol. 21, núm. 3.
- [2] Caycho, L., P. Gun y M. Siegal (1991), "Counting by Children with Down's Syndrome", *American Journal on Mental Retardation*, vol. 95, núm. 5, pp. 575-583.
- [3] Gelman, R., y M. Cohen (1988), "Qualitative Differences in the Way Down's Syndrome and Normal Children Solve a Novel Counting Problem", en L.
- [4] Nye, J., M. Fluck y S. Buckley (2001), "Counting and Cardinal Understanding in Children with Down's Syndrome and Typically Developing Children", *Down' Syndrome Research and Practice*, vol. 7, núm. 2, pp. 68-78.
- [5] Porter, J. (1999), "Learning to Count: A Difficult Task?", *Down's Syndrome Research and Practice*, vol. 6, núm. 2, pp. 85-94.
- [6] Sloper, P., C. Cunningham, S. Turner y C. Knussen (1990), "Factors Relating to the Academic Attainments of Children with Down's Syndrome", *British Journal of Educational Psychology*, vol. 60, pp. 284-298.
- [7] Porter, J. and Lacey, P., 2005. *Researching Learning Difficulties: A Guide for Practitioners*. London: Sage.

- [8] Monari, E. (2002). Learning mathematics at school... and later on. *Down Syndrome News and Update*, 2 (1), 19–23.
- [9] NCTM (2000) "Principles and Standards - Standards 2000 Project". Retrieved 2014-04-20.
- [10] Kroesbergen E. H. & Van Luit J. E.H. (2003). Mathematics Interventions for Children with Special Educational Needs. *A Meta-Analysis. Remedial and Special Education*. 24(2).
- [11] Mayers, L. S. (2009) The effects of using computer software programs as a tool for teaching mathematics to improve the attention levels of second grade students with special needs. Ph.D. thesis. Caldwell College.
- [12] Bender, W. N., & Bender R. L. (1996). *Computer-Assisted instruction for Students at Risk for ADHD, Mild Disabilities, or Academic Problems*. Boston: Allyn & Bacon.
- [13] Kovalchick A. & Dawson, K (Eds.) (2004). *Education and technology: An encyclopedia*. Santa Barbara, CA: ABC-CLIO.
- [14] Gupta, S. & Bostrom R. P. (2004). Collaborative e-learning: Information Systems Research Directions. In proceedings of AMCIS, 2004.
- [15] Muñoz, V. (2007). Diseño e Implementación de planificadores instruccionales en sistemas tutoriales inteligentes mediante el uso combinado de metodologías borrosa y multiagente. Ph.D. thesis. University of La Laguna.
- [16] Cecil, R. (2006): Clash of the Titans: Agile and UCD. <http://www.uxmatters.com/mt/archives/2006/12/clash-of-the-titans-agile-and-ucd.php>. Accessed 25-Feb-2014.
- [17] Colfelt A. (2010): Bringing User Centered Design to the Agile Environment. <http://www.boxesandarrows.com/view/bringing-user>. Accessed 25-Feb-2014.
- [18] González González C., Noda M., Bruno A., Moreno L., Muñoz L. (2013). Learning subtraction and addition through digital boards: a Down syndrome case, *International Journal Universal Access in the Information Society - UAIS*. 2013
- [19] Center for Universal Design (2002). Guidelines for Use of the Principles of Universal Design. http://www.ncsu.edu/www/ncsu/design/sod5/cud/about_ud/udprinciples.htm. Accessed 25-Feb-2014.
- [20] Muller, M.J. (2007). Participatory design: The third space in HCI (revised). In J. Jacko and A. Sears (eds.), *Handbook of HCI 2nd Edition*. Mahway NJ USA: Erlbaum.
- [21] Nielsen, L. *Engaging Personas and Narrative Scenarios*. Samfundslitteratur, PhD-Series. 2004.
- [22] Long, F. (2009). Real or Imaginary: The Effectiveness of using Personas in Product Design. Proceedings of the Irish Ergonomics Society Annual Conference, May 2009, pp1–10 Dublin.
- [23] Pruitt, John & Adlin, Tamara. *The Persona Lifecycle: Keeping People in Mind Throughout Product Design*. Morgan Kaufmann (2006). ISBN 0-12-566251-3
- [24] Dow S., Fortuna J., Schwartz D., Altringer B., Schwartz B., and Klemmer S. (2011). Prototyping Dynamics: Sharing Multiple Designs Improves Exploration, Group Rapport, and Results. In CHI: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 2011. Available online:
- [25] <http://hci.stanford.edu/publications/2011/PrototypingDynamics/PrototypingDynamics-CHI2011.pdf>. Accessed 12 May 2014.
- [26] Lazar, J. (Ed.) (2007). *Universal Usability: Designing Computer Interfaces for Diverse User Populations*. Wiley Eds.
- [27] Nielsen J, Mack RL (1994) *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- [28] Pierotti, D. Heuristic Evaluation -- A System Checklist, Xerox Corporation, Retrieved 18/03, 2014 from <http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/heuristic-checklist.html>
- [29] Lidwell W., Butler J. & Holden K. (2003). *Universal Principles of Design*. Beverly, MA: Rockport Publishers.

Evaluating OER Repositories

Regina Motz
Instituto de Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
(+598) 27114244
rmoz@fing.edu.uy

Libertad Tansini
Instituto de Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
(+598) 27114244
libertad@fing.edu.uy

ABSTRACT

This paper describes ongoing work carried out in order to produce a set of tools to assist in the evaluation of OER repositories. Specialization Profiles of OER Metadata are proposed as part of this work as the means to define the needs of users and the desired quality of Repositories. The main idea is to offer a Friendly Toolkit based on the adaptation of OER Metadata using Specialization Profiles and feedback given by OER users to improve the quality of the Metadata of the OER in Repositories and to increase the usability by dynamical adaptation to the users needs. The interaction with the users is done as a friendly process within Moodle, with little or no effort from the users.

Keywords

Open Educational Resources, OER Repository, OER Repository quality, OER Metadata, Profiles.

1. INTRODUCTION

Although the Open Educational Resource (OER) concept stated in the UNESCO conference in 2002 is fairly new, it has been popular and under development during the last decade. There are actually over 80 OER repositories, see the Directory of OER repositories [1]. During this time there have also been many researchers developing processes and strategies for designing, storing, managing, and providing access to OER, including metadata standards, repository specifications, and interchange formats.

Much has been studied about OER quality. We consider educational resource quality as a specific type of data quality. There are, basically, two ways of defining data quality: the first one uses a scientific approach and defines data quality dimensions rigorously, classifying them as dimensions that are or are not intrinsic to an information system [2]. The second one is a pragmatic approach aimed at defining data quality in an operational fashion [3]. Wang and Strong identified four data quality dimensions: (i) intrinsic data quality; (ii) contextual data quality, which defines the quality of the information within the context of

the task; (iii) data quality for data representation, which determines if the system presents the information in a concise, consistent, understandable way; (iv) data quality regarding data access, which defines quality in terms of the role of the information system in the provision of the data. Within each dimension, it is possible to identify several factors, including: for intrinsic data quality dimension: believability, accuracy, objectivity and for context dimension: value-added, relevancy, timeliness, completeness, among others. The domain expert is the one who decides which of these factors are relevant for a specific domain and she/he is who defines the appropriate metrics to measure these factors. On the other hand there are not as many studies about OER Repository quality. Of course this concept includes quality standards of the OER it hosts but it may also include broader themes that involve the set of hosted OER or subsets of hosted OER. We aim at tackling this latter problem.

OER Repository quality has been Studied from different points of views: from a purely technological perspective as the Simple Query Interface Compliance [4] or the different types of files that can store (ie 3GPP Java Source Files, Open Document Formats, DJVU, Real Media), or sustainability and usability, such as facility provided for placing OER in the repository or the find-ability. In paper [5] the authors depict ten indicators for quality assurance of OER Repositories (featured resources, user evaluation tools, peer review, authorship of the resources, keywords of the resources, inclusion of metadata, multilingual support, inclusion of social media tools for sharing resources, specification of Creative Commons Licence and source code or original files available). According to the featured resources, we specify the necessity to find-ability of subsets of hosted OER, in this sense a practical feature is to assure that the repository is able to be a reference for some kind of OER. We called this feature Specialized Profile (SProfiles) and it is related with the correct use of metadata (MD). In this sense, in order to have OERs with high quality metadata in the repository we use peer reviews for the adquisition of metadata.

According to the study of Atenas and Havemann [5], only 38.75% of the repositories include the use of standardized metadata such as either Dublin Core or Learning Object Metadata (Dublin Core, IEEE LOM or OAI-PMH) which is usually recommended for the design of repositories as it

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

INTERACCION'14, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2014 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

captures relevant information which can be transferred across repositories. They also found that 32.5% of the studied OER Repositories allowed users to rate the resources via user evaluation tools. Those which do support this have implemented systems for the users to review the resources, this allows users to provide valuable feedback on the materials made available. The most commonly used system to facilitate user review is rating, normally on a scale from 1 to 5. Moreover, our proposed friendly toolkit considers the users characteristics when evaluating the OER, such as spanish speaking, university student, university teacher, accessibility needs, etc., within educational environments, since it deals with the evaluation and maintenance of OER-Repositories. The toolkit has been thought to be used and tested in Moodle. An important reason to base the work on Moodle is that it is used as the standard in the UdelaR (Universidad de la República, Uruguay) where this research is being carried out.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 introduces the concepts of Specialized Profiles and peer review. Section 3 presents the proposed architecture for the Friendly Evaluation Toolkit. Finally Section 4 presents some conclusions and future work.

2. INDICATORS FOR QUALITY ASSURANCE

This section defines the relevant concepts in order to describe the evaluation and evolution of repositories based on the metadata associated to their OER and feedback provided by the users.

2.1 Specialized Profile

Despite using the same standard metadata (LOM, LOM-ES, Dublin Core, IMS, etc.) each repository can have different sets of attributes of the metadata with values. Moreover, as the values of the metadata in the repositories are generally not mandatory to register, it is common to find OERs with very few metadata values.

One of the quality indicators of the repository is that it might acquire a significant number of OERs with values for certain set of metadata. We call Specialized Profile this set of metadata to which the repository provides OERs with metadata values. The metadata that make up a Specialized Profile must be defined by the repository administrator. If the repository has OERs with values in the metadata, for example author and date of creation, the repository does not highlight any property of the repository itself, but if the repository has a significant number OERs with metadata that indicates that they are multimedia or accessible or games, then the repository shows a profile to be considered useful as a reference in these issues. The set of metadata attributes with values defines the metadata profile for each repository. Moreover, searching OERs in repositories with different metadata profile makes very imprecise the similarity relationship between OERs for recommendation.

Is in this sense that we propose the use of Specialized Profiles for repositories. Specialized Profiles can be about the features relevant for the context of use of the OER, for example, Ludic OER vs. Accesible OER.

The comparison of Specialized Profiles is a starting point towards evaluating OER repositories, but when the aim is to improve the usability it is also important to be able to dynamically adapt the metadata profiles to the needs of the users. On one hand, specialized profiles may be defined by administrators, for example to be based on LOM or IMS but also to include accessibility metadata, although this may be a desirable starting point it is not the way to dynamically adapt to the users needs or change of context. On the other hand, it is possible to use the review of users to determine the specialized profile of the highest rated set of OER. These resources may partially have achieved the high rating due to the metadata they have, hence they are good indicators of a profile that better suits the needs of users. Ratings will change with time as well as the highest rated resources, and the most suitable profile may evolve following this trend. Furthermore, dynamic adaptation of the profiles to the users needs can be defined based on different types of users belonging to specific groups, for example a group of users with special accessibility needs or a group of users from a distinct geographical region. Ratings of resources made by users in the group can be used in the same way as described before to determine the most suitable profile for that type of user.

2.2 Relevance Feedback and Peer Review

Although searchers may not be able to convert their need for information into a request, once the system has presented the user with an initial set of OERs the user can usually indicate those resources that are useful. Relevance feedback takes advantage of the results to a query that are initially returned to the user, to obtain information about whether those results are relevant to that query or not.

Once users have indicated which resources are *relevant* to their needs, the Information Retrieval system may use this information quantitatively - retrieving more resources like the relevant ones - and qualitatively - retrieving resources similar to the relevant ones by producing a modified version of the query. The modified queries are then used to retrieve a new set of resources to present to the users. The advantage is that users only have to *identify* relevant material not *describe* it perfectly.

Relevance feedback is frequently used for *interactive query expansion* (IQE), allowing users to select the terms to be added to the new query - in the believe that the users can select better query expansion terms than the system can do automatically (AQE). Harman [10] demonstrated that selecting terms could improve retrieval effectiveness in a simulated case. Magennis and Van Rijsbergen extended this

study in two ways: by studying the degree to which IQE can theoretically improve performance over AQE and whether this theoretical improvement can be realized with actual users [11].

In this work we aim at using the feedback given by the users to identify relevant metadata, more specifically, feedback will be done by rating OERs and hence provide an indication of what metadata is more appreciated by different types of users based on their associated SProfiles.

We believe the two features of recommendations and evaluations of OER to be independent, but to benefit from each other in the sense that the recommendations may be done using Crowdsourcing [6] or Friendsourcing [8] techniques that feed from the user evaluations. And evaluations are done more easily by the users when provided with a short list of recommended OER.

Friendsourcing recommendations are specially appealing because they are thought to be used in social network contexts, this implies that users are members of a social network and have relationships defined amongst them in our case: Student-student, student-teacher, etc. To reach this goal we use a Friendsourcing recommendation algorithm that we developed to work in a health environment but that is easy to adapt for OER Repositories users [7, 9].

3. ARQUITECTURE

In this section we describe the process towards implementing the Friendly Evaluation Toolkit. Most of the modules of the proposed system have been implemented and tested separately: the profile manager, that allows for the extraction, definition and comparison of profiles; the ER extraction module, used to extract educational resources within Moodle; the recommendation module, that recommends resources within Moodle; and the user evaluation module, that enables users to evaluate/rate resources, also implemented within Moodle.

3.1 Profile Manager

The Profile Manager allows for the extraction of common MD of a set of OER, hence obtaining SProfiles automatically. It is also possible to create, edit or merge profiles.

The Profile Manager also provides tools to compare SProfiles, giving as a result the set of MD that are common to two SProfiles or the set of MD that are different between two SProfiles.

3.2 Extraction Module

The ER extraction module deals in this initial exploratory stage with ER of the type “File” in a Moodle based educational environment. The ER extraction module is

implemented to extract the following metadata for the resources of type File: Title, Author, Creator, Subject, Creation Date, Modification Date, Name of the file (extracted from the URL that identifies the file in the platform), Extension (indicates the type of file, i.e. pdf, ppt, doc, etc.), and Size.

3.3 Recommendation and Evaluation Module

When it comes to integrating the new features of recommendations and evaluations of OER to Moodle there are two main possibilities. One possibility is to develop a new module that extends Moodle and the other is to use the already existing functionalities in Moodle such as “URL Resource” or “HTML Block”. The last option is more attractive since it remains more independent of the communication within modules of different versions of Moodle and it is easier for a non expert, such as a teacher, to add to an existing course.

The “HTML Block” allows the integration of HTML code which the explorer interprets and shows to the user. The identifier of the user may be extracted using a JavaScript as well as doing a request to the recommendation system called “*MoodleRecommender*” to load the resulting list of recommended OER. This is done within the Moodle interface, as a result it is transparent to the users. Nonetheless the teacher that wants to include these features in a course has to have special permits within Moodle to be able to do so. Finally users receive a small list of recommended OER and have the possibility to evaluate them in a rank of 1 to 5 stars, see Figure 1.



Figure 1, User evaluation of OER in a rank of 1 to 5 stars.

3.4 MD Evolution Module

The MD evolution Module feeds from the evaluation of OER in the OER Repository done by users that have an associated SProfile in order to improve the quality of the MD.

We assume that user evaluations indicate how adequate resources are to different types of users defined by their associated SProfiles.

OER are used within Moodle and hosted in an OER Repository, we aim at benefiting from the use of the OER to obtain user evaluations that will help improve the MD of the resources in the Repository.

It is necessary for an administrator to define the relationship between specific MD in the OER Repository and the SProfiles of the users in order to automatically or semi-automatically be able to modify the MD based on the evaluation of users, that may be positive or negative, see Figure 2.

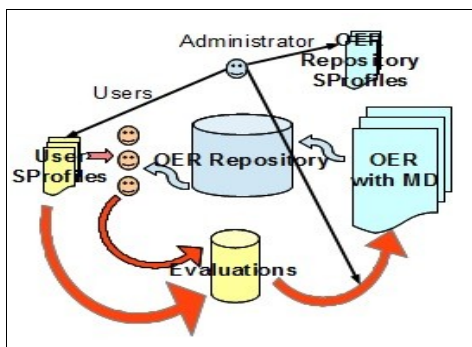


Figure 2, Intervention of the administrator in the MD Evolution process using user evaluations of OER.

Given an OER that is positively evaluated by a group of users with accessibility needs, for instance that need good audio quality then the corresponding audio metadata from the IMS standard can be automatically filled in as accessible.

There is a range of possibilities regarding the rules to apply, from very simple ones such as the example above, to more complex functions that may involve the MD present in the OER and/or in the SProfiles of the users.

The administrator of the system should also define when the evaluations will be used to improve the MD of the OER, this may relate to the number or percentage of evaluations, or it may be done periodically regardless of how many evaluations have been done. Any combination of the aforementioned is also possible.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

SProfiles provide a formal tool to describe the desired quality of OER Repositories as well as the possibility to compare Repositories.

User feedback together with SProfiles make it possible to improve the quality of the MD of the OER hosted by the repositories. They are also tools to improve the usability by allowing dynamical adaptation of the SProfiles to the needs of the users.

In the proposed Friendly Toolkit evaluations of the OER are done in Moodle, with little or no effort from the users, therefore it is a friendly process. It is also friendly because it is thought to be used in a socially-connected context, such as the one provided by Moodle where students and teachers

interact and provide feedback about the use of the resources.

An interesting line of future work is evaluating the use of the Friendly Toolkit in a real scenario such as the recommender system developed for the OER Recommender System which is currently starting to be used by students and teachers and needs to be in production for some time before it is possible to apply the firendosourcing algorithm, since there has to be at least a minimum number of users and evaluations of items.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partly supported by the project RIURE - CYTED 513RT0471 (2013) – Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos.

6. REFERENCES

- [1] Directory of OER repositories (<http://oerqualityproject.wordpress.com/2012/10/22/directory-of-oer-repositories/>)
- [2] Wang, R., Strong, D.: Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers. *Journal of Management Information Systems* (1996)
- [3] Wand, Y., Wang, R.: Anchoring Data Quality Dimensions in Ontological Foundations. *Communications of the ACM* (1996)
- [4] Hiler, J.R.; Ortiz, A.; de Marcos, L.; Martínez, J.J.; Gutiérrez, J.A.; Gutiérrez, J.M.; Barchino, R. Evaluating simple query interface compliance in public repositories. 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.
- [5] Atena, J., Havemann, L., Quality Assurance in the Open: An Evaluation of OER Repositories. *International Journal for Innovation and Quality in Learning*, 2013, <http://papers.efuel.org/index.php/innouqual/article/view/30/12/view/30>
- [6] Surowiecki, J.: *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations*. Doubleday (2004)
- [7] González, D., Motz, R., Tansini, L., Recommendations Given from Socially-Connected People. *OTM Workshops 2013*: 649-655.
- [8] Bernstein, M., Tan, D., Smith, G., Czerwinski, M., Horvitz, E.: Personalization via Friendsourcing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* (2010)
- [9] Díaz, A., Motz, R., Fernández, A., Valdeni de Lima, J., López, D.: Quality Web Information Retrieval: Towards Improving Semantic Recommender Systems with Friendsourcing. VI Congreso Ibero-Americano de Telemática (2011)
- [10] Harman D. (1988). Towards Interactive Query Expansion. *SIGIR* 1988: 321-331
- [11] Magennis M., van Rijsbergen, A. J. (1997). The Potential and Actual Effectiveness of Interactive Query Expansion. In *Proceedings of the 20th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*: 324-332.

SG'14
Serious Games

Can SME Managers Learn from Games?

António Andrade, David
Gouveia
Virtual Campus Lda
Av. Fernão Magalhães, 716 1º
4350-151 Porto PORTUGAL
00351 229734385
antonio_andrade@virtual-
campus.eu

Paula Escudeiro
GILT – Instituto Superior de
Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de
Almeida, 431
P-4200-072 Porto PORTUGAL
00351 228340500
pmo@isep.ipp.pt

Carlos Vaz de Carvalho
GILT – Instituto Superior de
Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de
Almeida, 431
P-4200-072 Porto PORTUGAL
00351 228340500
cmc@isep.ipp.pt

ABSTRACT

Serious Games are especially useful for training because they offer immersive and engaging environment where users ‘learn by doing’. This trial and error based approach supports well learning and is able also to improve teamwork, social skills, leadership and collaboration. This article presents an ongoing project that was meant to design and develop a serious game that fosters the improvement of internationalization and language skills of SME managers. Initial results have been quite promising but there are still improvements to be made.

Categories and Subject Descriptors

H.5.1 [Multimedia Information Systems]

K.8.0 [Games]

General Terms

Algorithms, Design, Human Factors

Keywords

Game-based Learning, Serious games

1. INTRODUCTION

In the current socio-economic framework, there is a need for European businesses to show competitive capacity for development, for instance by establishing joint ventures with SME's in other countries as there is a direct relation between more international SMEs and more growth and jobs. Internationalized SMEs show better performance and are more competitive, than non-internationalized SMEs, therefore internationalization supports business sustainability in the long term. This concern, evidenced in the EU policy, is also expressed by entrepreneurs and leaders of European businesses:

“A significant percentage of European SMEs loses business every year as a direct result of linguistic and intercultural weaknesses” [1]

“Longer-term business partnerships depend upon relationship-building and relationship-management. To achieve this, cultural and linguistic knowledge of the target country are essential “. [2]

In this sense, it is very important to develop intercultural and inter-communication skills of the current European managers, who intend to internationalize their companies to facilitate employability and European competitiveness. But at the same time it is necessary to alert and train future entrepreneurs (still in

their role as Higher Education (HE) students) so that they are aware of this requirement.

However new forms of training are required to cope with the stress and speed of our society and the technological challenges it produces [3]. Serious Games focus on the specific design of games for the learning process, creating virtual scenarios representing professional contexts with interactive and immersive graphical environments [4]. Normally, these games follow a story, situation or context lines that portrait a real issue. The added interactivity makes possible to assess the impact of the player's actions, through its reaction to those specific situations in the virtual scenario[5]. But the most striking effect in the use of Serious Games is an increased motivation and engagement. This was seen in the all the sectors that currently use Serious Games like education, defense and health.

The GLOBALL game addresses SME managers and provides a context for the development of internationalization and language competences and skills. The game provides an innovative solution for self-based learning, related with identified needs of the target groups at international contexts.

2. GAME BASED LANGUAGE LEARNING

The GLOBALL game (Figure 1) has the following objectives:

- Reinforcing interpersonal and intercultural competencies relevant to the SMEs internationalization and e-marketing/e-commerce in order to facilitate competitiveness;
- Bridging the worlds of personal and cultural valorization within work by supporting SMEs managers and HE students throughout individual and flexible learning pathways;
- Developing the integration of learning with working life, promoting learning conducive environments at the workplace and work-placed training as the basis for the development of vocational skills relevant to the labour market.



Fig. 1 The GLOBALL game

The design and development of the game followed a set of stages, based on common development methodologies:

- Determining the crucial learning needs for SMEs internationalization (research and analysis phase), the basis for design the more relevant and common professional and cultural situations in that process;
- Designing and producing the role-playing scenarios, using real situations in professional contexts, meeting the needs of SME's managers and other staff in international business-oriented enterprises;
- Developing the game platform and the game scenarios, available on online and mobile technologies;
- Ensuring the quality, functionality and suitability of the learning digital scenarios and platform by piloting testing actions involving key end-users.

2.1 Research and analysis

The objective of the initial research process was to characterize theoretically the six most relevant and common professional and cultural situations, in processes of SMEs' internationalization. This was done by literature review, personal contacts (with academic experts, SME's representatives and governmental business entities) and a focus group approach.



Fig. 2 The GLOBAL user avatar (male)

In the beginning, a research plan with the definition of the methodological guideline for the work to be undertaken was developed. In the end a summarized report was drawn and, subsequently, several focus groups were organized with representatives of the main end users and business stakeholders to confirm/further elaboration of the most relevant scenarios obtained in the previous phase.

The research indicated that the most attractive country/region to internationalize, outside the EU, is the United States by large, and in the EU, Germany is the most referred country. Brazil is also often mentioned together with Russia and other emergent markets.

Besides the fact that languages like Chinese or German are growing as business languages, English is still the language more commonly used in international relations. The majority of the participants considered that in order to succeed it was important to have an intermediate or advanced level (depending on the functions assumed in the company) of English knowledge.

The major skills areas identified as required to do business abroad were the following:

- Legal and institutional environments;
- Markets and innovation;
- Tax and finances;
- International networking;
- Culture;
- E-commerce and e-marketing.

Specific situations (scenarios) identified for the above areas were mainly associated with cultural aspects when negotiating with firms from different countries/regions and with international networking when participating in international trade fairs. Depending on the countries/regions, the scenarios can vary completely (ex: logistics in Africa, transport in Eastern Europe, cultural aspects in Asia). In the end, the selected scenarios were:

- Diagnosing and awareness raising scenario to identify voids in the skills and competences of the managers and students
- Planning the participation in a fair
- Managing an international network
- Business culture and negotiation
- On-line communicating and collaborating
- Understanding funding, taxes and other legal aspects

In relation to the need for foreign language training, the situation seems to be difficult for the majority of Portuguese SMEs that might select Brazil and Angola as preferred markets for doing business, only because these entrepreneurs do not speak English. All agree that internal human resources assigned to work with international markets need to have a good level of English.

2.2 Design

The background story is of an entrepreneur that wants to internationalize his/her company into a specific market (Europe, Brazil). When the player starts the game he can choose between six different scenarios:

1. Pre-Internationalization / Situation: Diagnostics, Awareness
2. International Networking / Situation: Participation in fairs
3. Culture / Situation: Business and local culture
4. Market and Innovation / Situation: e-Marketing and e-Commerce
5. International Networking / Situation: On-line communication and collaboration
6. Legal environment / Situation: Institutional negotiation

Each scenario is independent (Figure 3), and is expected to take about one hour to be completed. Players can follow any scenario at any given point, and their status in each scenario is saved so that they can interrupt it, start a new one, and then restart the previous one where he/she left. They can also opt to reset a scenario and start from the beginning. Each scenario is composed

by 4 to 6 locations, each corresponding to a horizontal scrolling background, containing characters and/or items.

In each location there are 3 to 4 challenges for the player to overcome, which can consist, for example, of speaking with other characters, interacting with the environment or solving custom mini-games. In order to progress to a new location the player must complete all the challenges of the current location. After 3 failed attempts to complete a challenge, a tip will be available to the player. The player will receive a score per challenge which will add up to give the player the complete score for each scenario. This way the player can repeat a scenario to achieve a higher score.

There is no losing situation. The player can always progress through the tip system. However the score reflects the choices of the player. In each challenge he receives an explanation on what he/she should have done, so that he/she can learn and score higher in the next attempt.

The game adopts a first-person point of view (POV) and the game play style is based on a mix between a point & click graphic adventure, a visual novel, and an RPG (Figure 4).

The game design style is based on a combination of photo realistic backgrounds and rendered 3D models of characters and objects. The idea is to get an environment as close as possible to reality but give the feeling of a game, at the same time.

The game is available in multiple platforms, like mobile devices (iOS and Android), desktop and online platforms.

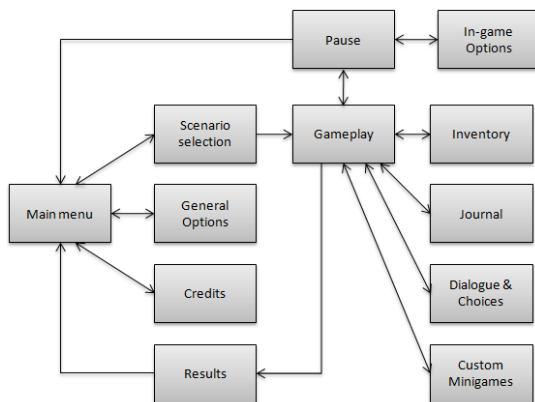


Fig. 3 GLOBALL navigation

2.3 Development

The game development was done using the following tools:

- Unity3D
- C#
- .NET Framework
- Windows Forms
- Microsoft Visual Studio
- Git / BitBucket
- Audacity
- Blender

It was also necessary to define a few technical requirements relating to the used media. Some examples of these requirements are presented next:

- Images in PNG with a maximum size of 2048x2048 each. The background always has 2048 pixels (height) but can have more than 2048 pixels wide to allow scrolling.
- Sound files in WAV with a sampling rate of 44.1 KHz and bit depth of 16-bit linear
- AVI format with the highest possible quality
- 3D Models should be supplied as backup for rendered images of objects and characters. Format should be .3ds or in an equally largely accepted format

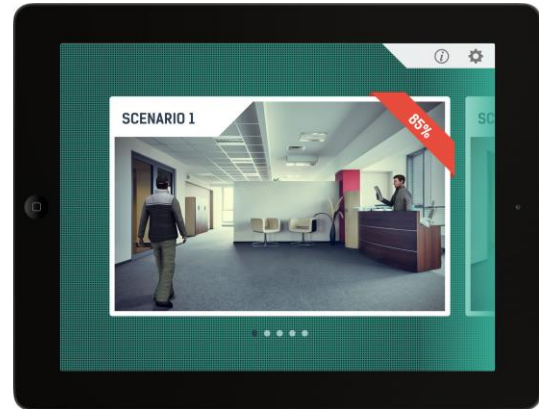


Fig. 4 GLOBALL scenario 1

2.4 Testing

An initial alpha testing stage allowed compiling some data concerning the assessment of the initial prototypes. This stage was conducted independently in 5 different countries but here we summarize the conclusions of all those tests. Participants were mainly researchers (30), students (18) and SME managers (17), 62% male and 38% female. Average academic age was 30.3 years-old and the managers were 38.6 years-old on average.

The main areas evaluated relate to the content, playability and usability:

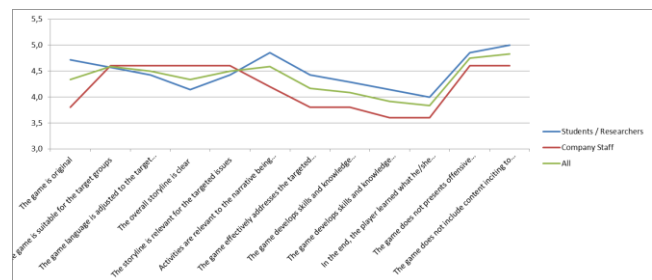


Fig. 5 Content evaluation

All the aspects were considered positive. The lesser scored aspects relate to the development of skills and knowledge obtained from playing the game.

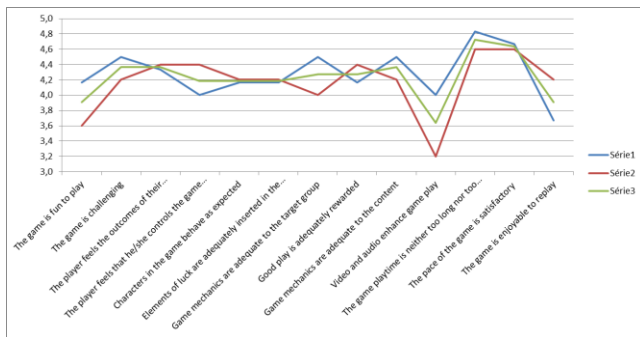


Fig. 6 Gameplay evaluation

The game play aspects were, once again, positive. The use of video and audio was the most negative aspect, logically, because the tested version did not include video clips.

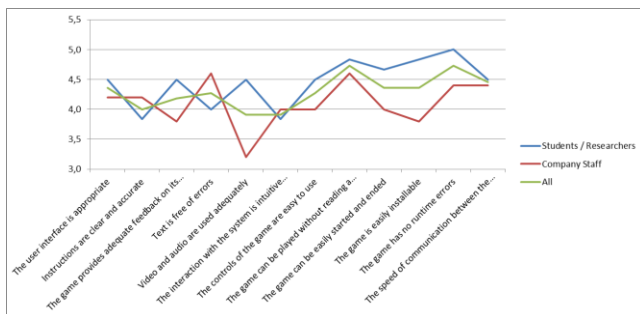


Fig. 7 Usability evaluation

Again, the point related to video and audio usage was the most negatively marked one. The other aspects are positive although there were a few issues about the game installation.

Some qualitative comments related to what players liked more in the game:

- The mini-games
- Learning other cultures and the importance of entrepreneurial concepts
- How the actions are related and evolve throughout the game
- The game idea

And qualitative comments related to what players liked less in the game:

- Some parts can be very static
- The game can become repetitive
- The 3D models do not look natural
- Too much control of the user actions

3. CONCLUSIONS

The choice of a Serious Game approach as the basis for the development of language and internationalization skills ensures

achieving a remarkable impact because Serious Games facilitate motivation and engagement. Without motivation there is no learning and the engagement that games produce is hard to match by any other training methods.

When the game structure is directly related to the learning objectives it is even more effective, since it combines the challenge of a game with a safe place to practice real-life skills, and most importantly to make mistakes and to fail. The contextual nature of digital game-based learning highlights its effectiveness partly because the learning takes place within a meaningful (to the game) context.

The GLOBALL game resulted from the combination of the expertise and experience of various qualified organizations active in the field of Higher Education, business and VET. This ensured the active involvement of key actors which will enhance the usage/adoption in the professional spheres. The game responds to actual needs in terms of promoting competencies for supporting the internationalization of Micro and SMEs. These identified needs are reflected in national policies where counteracting actual situation by means of innovative learning strategies of high quality and tailored to the characteristics and needs of SMEs managers is a vital aspect.

Initial testing results were positive but nevertheless some negative issues must be addressed. During September and October a new, more extensive testing stage will take place.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partly supported by the European Commission through its European Agency for Culture, Education, Audiovisual in the scope of the Lifelong Learning Programme, KA2 sub-programme, GABALL project (ref.531327-LLP-1-2012-1-PT-KA2-KA2MP).

REFERENCES

- [1] EU Commission, Internationalisation of European SMEs – Final report, pp. 16, 2010.
- [2] EU Commission, Languages mean business - Companies work better with languages: Recommendations, 2008.
- [3] José Magano, Carlos Vaz de Carvalho, From Traditional Teaching to Online Learning: Revolution or Evolution, In H. Song (Ed.), Distance Learning Technology, Current Instruction, and the Future of Education: Applications of Today, Practices of Tomorrow (pp. 17-26). Hershey, PA: Information Science Reference. doi:10.4018/978-1-61520-672-8.ch002
- [4] Carlos Vaz de Carvalho, Games for e-Learning, IJITCS - International Journal of Information Technology & Computer Science, pp. 61-67, Vol. 4, Issue Jul/Aug 2012, ISSN 2091 – 1610
- [5] Ricardo Baptista, Carlos Vaz de Carvalho, TimeMesh – A Serious Game for European Citizenship, EAI Transactions on Game-Based Learning 13(01-06): e2, ISSN: 2034-8800

Serious Game on Sign Language

ABSTRACT

The quantity of educational digital content available for the hearing impaired community is very scarce. However, due to extraordinary progress of the new technologies, remarkable opportunities to bring a better quality of life to the public in general arose. Making these opportunities available to those who endure handicap and disabilities is a core concern in today's society and a must to promote equity and inclusion.

The target community addressed by our work, the hearing impaired community, has its own language, known as Sign language. The work presented in this paper consists in the development of a game to make the process of learning sign language enjoyable and interactive. In order to do this, a game was created in which the player controls a character and interacts with various objects and non-player characters with the aim of collecting several gestures from the Portuguese Sign Language. These gestures can then be represented by the character. This allows the user to visualize and learn or train the various existing gestures. To raise the interactivity and to make the game more interesting and motivating, several checkpoints were placed along the level. This will provide the players a chance to test the knowledge they have acquired so far on the checkpoints by using Kinect. A High Scores system was also created as well as a history to ensure that the game is a continuous motivating process as well as a learning process.

Keywords

Educational game, Gesture language, Sign Language Game development, Portuguese Sign Language

1. INTRODUCTION

The project consists of a didactic game about Portuguese sign language, where the player can enjoy the game while learning gestures simultaneously[1].

Kinect has also been integrated into the game [2] in order to make it more interactive and appealing.

The main objective of this project is to facilitate the learning of the Portuguese sign language and to improve the dexterity of those who already know it, making learning a pleasant experience.

The deaf community in Portugal is around 100 000 individuals and yet the digital content available for this community is still rather low. With this project, not only we are promoting the knowledge for this restricted community, but we are also encouraging other people to learn and become able to better understand this community [3].

The game is played in first person view. The player controls a character on the map.

Each map represents a level and each level has several scattered objects through the map for the player to interact with. All objects collected by the player will be stored in his inventory and can be accessed at any point during the game. Most of these gestures and objects can be used through the inventory; the character will then perform the gesture so that the user can visualize how it is done.

To progress in the game you must collect all the gestures scattered around the level [4]. The faster the player manages to collect all the gestures the higher his score will be.

The player could choose to play using Kinect but previously he must have first obtained all the gestures in the level and perform themselves.

It's possible to find some projects related to this theme/area but none of them implies automatic bidirectional translation process as this game does.

1.1 Some of the related work being carried out by institutions and organizations are: **CopyCat; ProDeaf; Beijing University; Faceshift.**

1.2 CopyCat

The game CopyCat is the most similar project in comparison to this one. It consists of a game where sign language gestures need to be executed properly in order to proceed. The movement analysis is done through gloves with sensors. However, the researchers from the CopyCat project have published a video where they show their intention to use Kinect for movement detection.

1.3 ProDeaf

ProDeaf is a Software that does the translation of Portuguese text or voice to Brazilian gesture language.

The objective of the ProDeaf is to make the communication between mute and deaf people easier, making the digital content of companies accessible in Brazilian gesture language.

1.4 Beijing University

In Beijing a project which allows the recognition of gestures in gesture language through the Kinect was developed.

1.5 Faceshift

This software analyzes the facial expressions, the orientation of the user's head and eyes. The information analyzed by the application is used to animate virtual characters that can be used in videos or games

2. FUNCTIONAL AND NON-FUNCTIONAL REQUIREMENTS

In this session the functional requirements of the application will be described. Functional requirements represent the features available to the user.

2.1 Functional Requirements

The functional requirements were identified in the early process of the development of the project, and include the following:

Start Menu where the player can choose the type of game he wants (with or without Kinect), consult the options or exit;

Menu options where you can change the graphics quality , volume , save or load the game and see the table of high scores ;

The game requirements within the levels are:

- Handling and control of the character;
- Interact with NPCs (Non-Player Characters);
- Consult the inventory and use the items in it;
- Interaction with map objects;
- Access to the above options menu;

2.2 Non-Functional Requirements

Regarding non-functional requirements, our work focused on the following:

2.2.1 Usability

Usability is the ease of use of the application and its accessibility to the user [6].

With this in mind this project should be fairly intuitive, allowing easy adaptation and learning. The user interfaces must be simple so anyone can use them easily.

The character controls must be simple, and throughout the game there should be explanations of what needs to be done.

The accessibility is guaranteed because it is only necessary to run an executable file in order to play while Kinect is not in use.

While playing using the Kinect two applications are required as well as the necessary drivers and assuring that the Kinect is properly plugged in.

2.2.2 Performance

The gaming performance is always a factor of the utmost importance, because the response time from the game to the user is always immediate, any delay or decrease of the number of frames per second can affect the gameplay making the game frustrating rather than fun.

To maintain the performance this game was tested to never run less than 60 frames per second on an optimal computer. The ideal frame rate for a game must be around 40 frames per second. The essential functions must be constantly executed and the code must be optimized to avoid the waste of resources.

Besides the code all the factors that constrain the performance of the game should be taken into account, such as textures, bumps, number of vertices of the 3D models among others.

Based on all these factors the performance of the game is assured.

3. GAME ARCHITECTURE

For this project there were two applications developed, the game in Unity 3D and the interface that connects the VirtualSign to Unity. The interface was developed in Microsoft Visual Studio. The project is divided into layers, given its high degree of complexity.

At the top level there is the interface. All the functionalities of the project can be accessed through this layer by the user. This layer is responsible for forwarding the actions of the user to the next layers.

On the lower level there are three layers. The sockets layer is responsible for linking the Unity game application to the Kinect that is why this layer is below the interface in order to provide the layer above with the player input. Another layer of the lower level is the game engine; this layer is responsible for the execution of the game itself, representing the functions of Unity. Finally, there is the business layer, which is where the game functions are available to the player.

Figure 1 shows the layers of game.

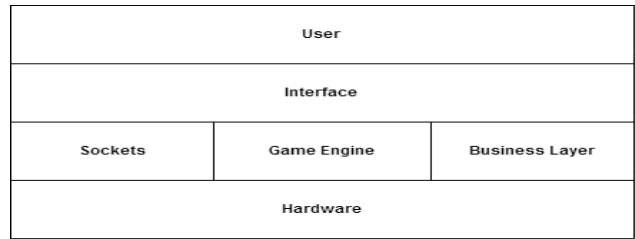


Fig 1. Layers of game

3.1 Development

For the development of this project it was decided to start with the implementation of the basic functionality and then proceed to the animation of the avatar, which was later replaced by an animated avatar now available at GILT.

In the development of this project a draft was first developed implementing the basic functionalities, as shown in figure 2. After that the player avatar was animated, however it was then replaced by the one provided by GILT.

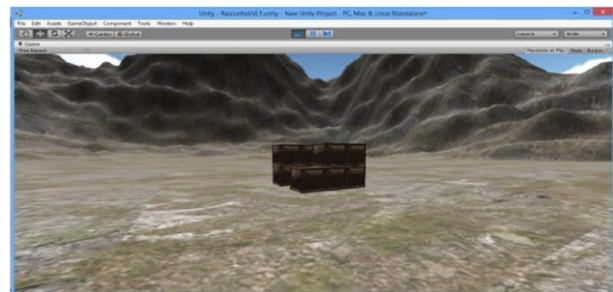


Fig 2. The basic functionalities of the game

After having a basic scenario created the development phase of the scripts started.

4. GAMEPLAY

The first script developed was the inventory script. The inventory stores the items acquired by the player and provides access to them at any time.

Then scripts to interact with the objects were created. These scripts were optimized to be reused for multiple objects without having to change the code [6].

Having been established some objects on the map with the script to be added the inventory proceeded to the creation of this graphical interface.

The map has objects and those objects contain scripts on them, the scripts the objects contain allow them to be added to the inventory of the player. Creation of the graphical interface was then started. The inventory consists of forty-two spaces that are empty upon initialization.

With the inventory set up and ready to receive the objects that the user can acquire, the handling of collisions with these objects was created in order to detect when the user is within a reasonable distance to perform the interaction.

4.1 Score

Players' score are incremented during the game as they acquire new gestures.

The shorter the time it takes between the acquisition of two objects, the greater the score. If the delay is less than one minute, one hundred points are acquired, if it is between one and two minutes, fifty points are acquired, if the delay exceeds two minutes, twenty-five points will be obtained regardless of time spent.

Figure 3 shows the score of game.

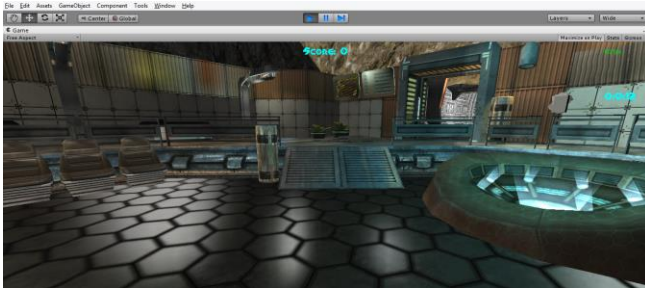


Fig.3. Score of the game

4.2 Connect to Kinect

After finishing the structure of the game, the application to connect to Kinect was started.

Since this application would be an adaptation of the VirtualSign project, it was necessary to be developed in C# on the Microsoft Visual Studio environment due to compatibility reasons.

The VirtualSign application detects and translates the gestures that the user makes, saving the one with higher probability of success. With this in mind we needed access to this part application code in order to be able to send the necessary content to Unity. The connection method used was the socket as Unity supports .NET Framework. For this connection the use of an API that makes the connection in Unity and Development was needed.

An application where relevant text would be sent was also developed.

For this application the official Unity Sockets example was adapted, and a window was created where the user could see the connection status. This window runs on the thread so it does not directly affect the performance of the recognition application.

To make the connection, the IP address and port are needed. This information is sent to the API and this will make the connection which will return a message acknowledging the success or failure of the operation. This API is entitled SharpConnect.dll. This DLL file was slightly modified in order to work properly based on the functionalities that were developed. After the connection has been established, the information from Kinect is received and analyzed. This then confirms if it is the information we were expecting. If it is not, then the user will be notified of what gesture he did and which gesture was expected.

It will only be possible to proceed when the user manages to perform the requested gesture correctly.

5. CONCLUSION

The development of a game is always a complex task to do and many adversities were faced along the way. A lot of effort and time were needed to get outdo this challenges, and a fair amount of knowledge was acquired during this process.

The selection of this target population arises due to the growing number of students with special needs who complete the elementary and high school and come to higher education. This situation demands for new means that allow these individuals to have easy access to educational digital content. In order to motivate them towards the learning process we have created a game that combines the sign language learning process with the pleasant feeling of playing a digital game.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Engineering Institute of Oporto and GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies) under Grant Nos. 60973089. FCT (Fundação para a ciência e Tecnologia) project.

7. REFERENCES

- [1] Reyes, I. 2005 "Comunicar a través del silencio :las posibilidades de la lengua de signos
- [2] D. Catue, Programming with the Kinect for Windows: Software Development Kit, Microsoft, 2012
- [3] Herrero-Blanco, A., Salazar-Garcia, V. 2005 "Non-verbal predicability and copula support rule in Spanish Sign Language". In: de Groot, Casper / Hengeveld, Kees (eds): Morphosyntactic.
- [4] Digital Game-Based Learning (McGraw-Hill, 2001) by Marc Prensky. Chapter 1.
- [5] Holm, Ivar (2006). Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the built environment. Oslo School of Architecture and Design. ISBN 82-547-0174-1.
- [6] Salen, Katie; Zimmerman, Eric (2004). Rules of Play: Game Design Fundamentals. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. ISBN 978-0-262-24045-1. "Game play is the formalized interaction that occurs when players follow the rules of a game and experience its system though play."

A Model for Implementing Learning Games on Virtual World Platforms

Rosa Reis
ISEP _ GILT
Porto, Portugal
+351228340500
rmm@isep.ipp.pt

Paula Escudeiro
ISEP – GILT
Porto, Portugal
+351228340500
pmo@isep.ipp.pt

ABSTRACT

The virtual worlds can be used to achieve different purposes according to the intended use. The design of games for learning under platforms virtual worlds has been an important research field for several years. However, the research in this specific field has shown that in most of the cases, the environments do not have appropriate technical characteristics. The development of the games for learning under virtual worlds platforms has as goal to produce environments that encourage users to achieve effective learning. In this sense, the current study presents a development model for implementation of games for learning under platforms virtual worlds. This model is based on the engineering software techniques and methods. It is supported by a spiral cycle that allows us to develop applications. The process is divided into a set of activities that are being carried out throughout each cycle, producing several work products, with the aim to provide each team member a set of guidelines and tools necessary for to make intelligent decisions about what they do.

The model includes five steps, namely: Conception, Analysis, Design, Implementation and Evaluation. Each step contains a set of diagrams to support the developer team in their tasks. With this model, the applications are developed in a series of incremental releases, that is, the final system is constructed, based on the refined prototype. These steps include activities that enable to quantify the quality of games for learning. It is based on the Quantitative Evaluation Framework developed by Escudeiro [2], and allows us to have a degree of freedom in the selection of quality criteria. Thus, we can obtain a single quantitative value of quality for any domain in analysis, i.e., we can adapt it in any domain and valence.

Categories and Subject Descriptors

H.5.1 [Multimedia Information Systems]

K. 3.0 [Computers and Education]

General Terms

Design, Measurement, Human Factors

Keywords

Engineering software, assessment, game based learning.

1. INTRODUCTION

Games for learning refer to different kinds of software applications that use games for learning or educational purposes. These games applications can include fully immersive environments (or ‘metaverses’), such as Second Life where 3D graphics capabilities are providing opportunities for learners to take on virtual presence in virtual worlds [1]. Based on these

assumptions, the games must be built taking into account some characteristics, such as instructions strategies, activities learning, communication, interactivity, type of media, contents, and met In most games for education, these characteristics do not exist or have only some of them. This situation is mainly due to the lack of a organized systematic development process that assure the stimulation of new ideas, supported by the communication among the different elements of the development team or also because the developer team usually does not take account all phases of the software life cycle.

In order to overcome these gaps, we decided to propose a design strategy that meets the purpose of the software process, i.e., that determines the order of the different system development phases and the evolution and the transition criteria between them. It is our intention that the design model covers all the development needs and provides a sufficient semantics of how to work properly all critical aspects of games for learning. The model must be easy of use and it must aid to understand the system design; to stimulate new ideas, supported by a language that facilitates communication among the different actors of the development team; to promote the good practices, namely those that rules the engineering software.

The present paper is structured in three sections. The section 2 describes our design strategy and in section 3, we draw some conclusions about the design strategy.

2. DEVELOPMENT METHOD

The games for learning developed in virtual worlds platforms typically include complex information, and may allow sophisticated navigation behavior. The Method of Development of Games for Learning implemented in virtual worlds platforms uses abstraction and software engineering techniques to, on one hand, allow a concise description of complex information items, and on the other hand, allow the specification of the complex navigation patterns and interface transformations. It is based on several assumptions, namely: promotes an organized structure by steps, where the activities are identified and also their rules; provides an adequate semantics of how to work properly all the critical aspects that have been highlighted in games for learning in virtual worlds; and encourages the creation of new ideas supported by the communication among the different elements of the development team.

Given the complexity of games for learning in virtual worlds platforms, it is important to do several revisions during the conception phase. The modification of some game aspects leads us to different dynamic behaviors in order to have a life cycle model that allows modifications throughout its specifications. Also, it is necessary to look for the previous phases as well as for the improvement and exploitation of the solution space.

The Model includes a series of five main steps, each of which breaks down into subtasks giving rise to set of diagrams; The model is supported by an iterative process that will help us to produce candidate solutions that we can further refine by repeating the steps, creating an application that best fits our needs. At the end of the process, we can review and communicate your game to all interested parties. Figure 1 summarizes the steps, products, mechanisms and design concerns in MDGL.

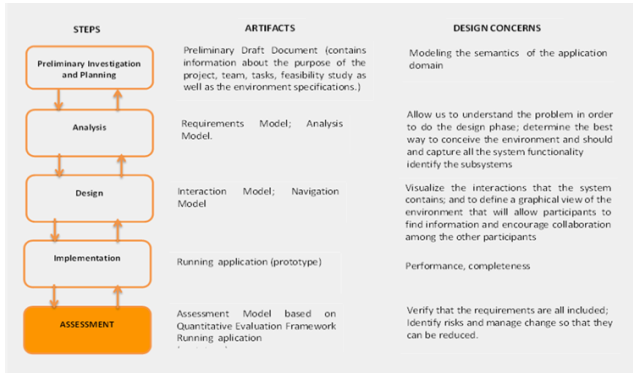


Figure 1. Method Design for Games form learning

The model is based on the spiral model and the game will be evaluated on each iteration. The goal of this step is minimize the risks and the consequences of any change that may arise during the developing process.

The game for learning will be assessed by using the evaluation model proposed by Escudeiro [2], called Quantitative evaluation Framework (QEF). We chose this framework because it allows us to identify a set of requirements for the game. The figure 2 shows the evaluation process of the MDGL.

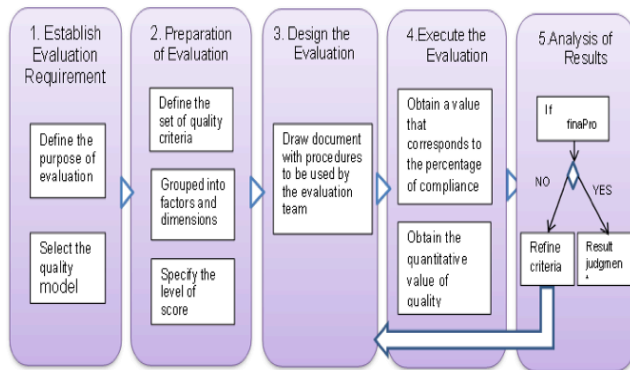


Figure 2. Model of process evaluation

The model considers that the assessment should be carried out by a multidisciplinary team of evaluators, which comprises:

Teacher (Educator) – The teacher is responsible for making the evaluation of instructional aspects;

Development Team – The team will be responsible for the technical assessment, such as adaptability, interoperability and security access;

Users (students) – They will assess the features that are able to assess, for example the environments' usability and functionality

3. CONCLUSION

The development of games for learning under virtual world platforms is a complex task since it requires knowledge on different fields such as human-machine interface, design, and education. In this sense, we decided to develop a model that (1) facilitates the communication between all team members and (2) whose flexibility can be used for the whole game lifecycle or just for a set of processes.

The model covers all phase's lifecycle of software development, using different software engineering techniques.

Also, the model is supported by an evaluation model, which is applied during the assessment step. The main objective is to structure the process of assessment based on the Quantitative Evaluation Framework [2], because it allows measuring quality of the final product, and evaluating the systems quality at any moment during its lifecycle.

However, we recognize the need for perform a rigorous evaluation of the influence of these games (developed by this model) in respect to success or failure of students;

REFERENCES

[1] Beetham, H. 2002. Developing learning technology networks through shared representations of practice, Proceedings of the 9th International Improving Student Learning Symposium, 421-434, Oxford: OCSLD

[2] Escudeiro Paula 2007. X-Tec Model and QEF Model: A case study, in T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007, Chesapeake, VA: AACE, 2007, , pp. 258-265.

A serious game development process using competency approach. Case Study: Elementary School Math

Arturo Barajas Saavedra
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940
Aguascalientes, México
+52 449 9107400 ext. 358
abarajas@correo.uaa.mx

Francisco J. Álvarez Rodríguez
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940
Aguascalientes, México
+52 449 9107400 ext. 362
fjalvar@correo.uaa.mx

Jaime Muñoz Arteaga
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940
Aguascalientes, México
+52 449 9108417
jmunoz@correo.uaa.mx

René Santaolaya Salgado
Centro Nacional de Investigación y
Desarrollo Tecnológico CENIDET
Interior Internado Palmira S/N
Morelos, México
+52 777 3627770
rene@cenidet.edu.mx

César A. Collazos Ordoñez
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940
Aguascalientes, México
(+57-2) 8209800
ccollazo@unicauca.edu.co

ABSTRACT

Development of digital resources is difficult due to their particular complexity relying on pedagogical aspects. Another aspect is the lack of well-defined development processes, experiences documented, and standard methodologies to guide and organize game development. This research proposes a Game Development Process founded in the traditional Software Engineering paradigms and complemented by previous efforts on large scale development of digital learning resources. This process matches a formal competency to an educational digital resource (video game), with which the formal learning process will be complemented to improve the way students learn in Mexico. Through a case study will be demonstrated its utility by implementing the process in the whole of mathematics competencies for sixth grade of elementary school. The result of applying the proposed process for study case, is producing a collection of video games attached to the competencies and knowledge areas specified for sixth grade of elementary school in Mexico by the Ministry of Public Education.

Keywords

Game development process, serious games, software engineering, development process design.

1. INTRODUCTION

“A large scale development of digital learning resources involves the creation of a large number of these educational resources with a time limit, usually with the aim of supporting one or more educational courses.” [1]

As mentioned in [2] and [1], a large scale development of digital learning resources involves the creation of a large number of these educational resources with a time limit, usually with the aim of supporting one or more educational courses. Some of the reasons why it is not often the large scale development of digital resources is the difficulty of developing these resources, as they are resources with particular complexity by relying on pedagogical aspects.

Another aspect is the lack of well-defined development processes and experiences documented [2] [1]. Lack of standard methodologies to guide and organize game development can result in longer and less predictable game production processes.

Moreover, the need for interaction among domain experts (providing the instructional content) and game developers is a peculiar aspect of educational games that makes their development more difficult [3].

Game development in an educational environment have to face some severe restrictions in the development process compared to professional game development. Obviously, students have to get along with far fewer resources. This implies manpower, development time, and budget. Additionally, they are less experienced and some of them never worked in a team before, which introduces some extra demands on the collaboration aspect of the software. [4]

However, despite the existing difficulties, in video games lies a viable means to solve the current problems of education, creating materials that support the knowledge acquired in the classroom, extending the classroom beyond the physical limits of the educational institution and allowing students to have an improvement in the way of learning through the use of these resources.

This research is focused on large-scale production of games, the resolution of problems related to such production and present a solution to the lack of production processes for large-scale games.

2. SOFTWARE PROCESSES

An ideal process is one that *“is a set of activities, which consist of tasks specified by procedures how people should use tools / equipment and apply these procedures to produce a final result expected.”* [5].

A software process from the point of view of Software Engineering is a set of activities and associated results that produce a software product on time and rationally [6]. The software process forms the basis for the control of the management of the software projects and provides the context in which the technical methods are applied, the work products are generated, the fundamentals are established, the quality is ensured, and the change is handled appropriately [7].

There are four fundamental activities of processes that are common to all software processes [6]: Software specification, Software development, Validation of the software and Evolution of software.

Software quality is the set of attributes that characterize and determine its usefulness and existence. Quality is synonymous with efficiency, flexibility, accuracy, reliability, maintainability, portability, usability, security and integrity. Software requirements are the basis of the quality measures. The lack of consistency with the requirements is a lack of quality [7], and a project meeting all the requirements is a quality project.

Standards or methodologies define a set of development criteria that guide the way we apply software engineering. If there is still no methodology will always be poor quality. In other words, high quality process will produce high quality products.

There are some implicit requirements or expectations that are often not mentioned, or are mentioned in an incomplete way (e.g. the desire for a good maintenance) may also imply a lack of quality.

3. GAME DEVELOPMENT

3.1 Game Types

Clark Aldrich [8] establishes that there is some overlap in the uses and structures of virtual worlds, games, and simulations and the three often look similar, their differences are profound.

1. Educational simulations use rigorously structured scenarios with a highly refined set of rules, challenges, and strategies which are carefully designed to develop specific competencies that can be directly transferred into the real world.
2. Games are fun engaging activities usually used purely for entertainment, but they may also allow people to gain exposure to a particular set of tools, motions, or ideas. All games are played in a synthetic (or virtual) world structured by specific rules, feedback mechanisms, and requisite tools to support them – although these are not as defined as in simulations.
3. Virtual worlds are multiplayer (and often massively multiplayer) 3D persistent social environments, but without the focus on a particular goal, such as advancing to the next level or successfully navigating the scenario.

He suggest all three are points along a continuum and all of them belong to highly interactive virtual environments (HIVE's).

Alke Martens and his colleagues believe that game-based training (their terminology for serious games) requires a game, simulation and learning aspect in almost equal measure.

Mike Zyda believes serious games can be distinguished from leisure games by the addition of pedagogy to the three main elements of computer games: story, art, and software. However, unlike Martens et al. he also states the pedagogy, which educates or instructs, must be subordinate, rather than equal, to the game play and story in his definition. Serious games rely on the relationship between these factors, the learning is dependent on the pedagogy and game. [9]

3.2 Game Development Processes

Masuch establishes that a typical game development process consists of the following steps [4]:

1. Developing the core idea
2. Writing a game concept
3. Producing the artwork

4. Programming the game engine
5. Game content production
6. Play testing
7. Balancing and bug fixing

Ibrahim in [10] proposes an Educational Game Design Model that indicates that the game production is divided into the main stages (a) Game design, (b) Pedagogy, and (c) Learning content modeling. But this proposal do not clearly indicates how those stages interact and which are their inputs and outputs.

Zin et al. in [11] proposes an Educational game design that consists of four main elements: interaction, knowledge, engine and level. But they do not have a structured process that guides to the reader from a starting point in the process to the end where a game is a finished product.

In [9] is presented the RETAIN Model which “*was developed to support game development and assess how well educational contain academic content.*” This model proposes a work schema based upon six areas (see Table 1) the designer or teacher/trainer needs to consider once the learning goals have been defined.

In 2004 Sara deFreitas and Martin Oliver proposed a set of four interrelated elements that could be used by: (1) educators to select appropriate simulations and games as teaching tools, (2) researchers to assess serious games, and (3) educational designers to consider educationally specific factors.

Table 1. Required aspects for appropriate serious games

Aspect	Description
Relevance	i) presenting material in a way relevant to learners, their needs, and their learning styles, and ii) ensuring the instructional units are relevant to one other so that the elements link together and build upon work
Embedding	assessing how closely the academic content is coupled with the fantasy/story content.
Transfer	how the player can use previous knowledge in other areas
Adaption	a change in behavior as a consequence of transfer
Immersion	the player intellectually investing in the context of the game
Naturalization	the development of habitual and spontaneous use of information derived within the game

Although a number of proposals exists, none of these proposals has clarified how to produce a video game from the initial need for pedagogical considerations (deFreitas and Oliver's framework), considerations of the game play and story (Mike Zyda), the design of game-based training (Alke Martens) or the implementation of HIVE's (Clark Aldrich). In addition to this, it has not reached an agreement on the components that integrate a serious game.

4. SERIOUS GAMES DEVELOPMENT PROCESS

In the next figure (see Figure 1) can be seen the Serious Game Development Process proposed by this research, which one is described in the next paragraphs.

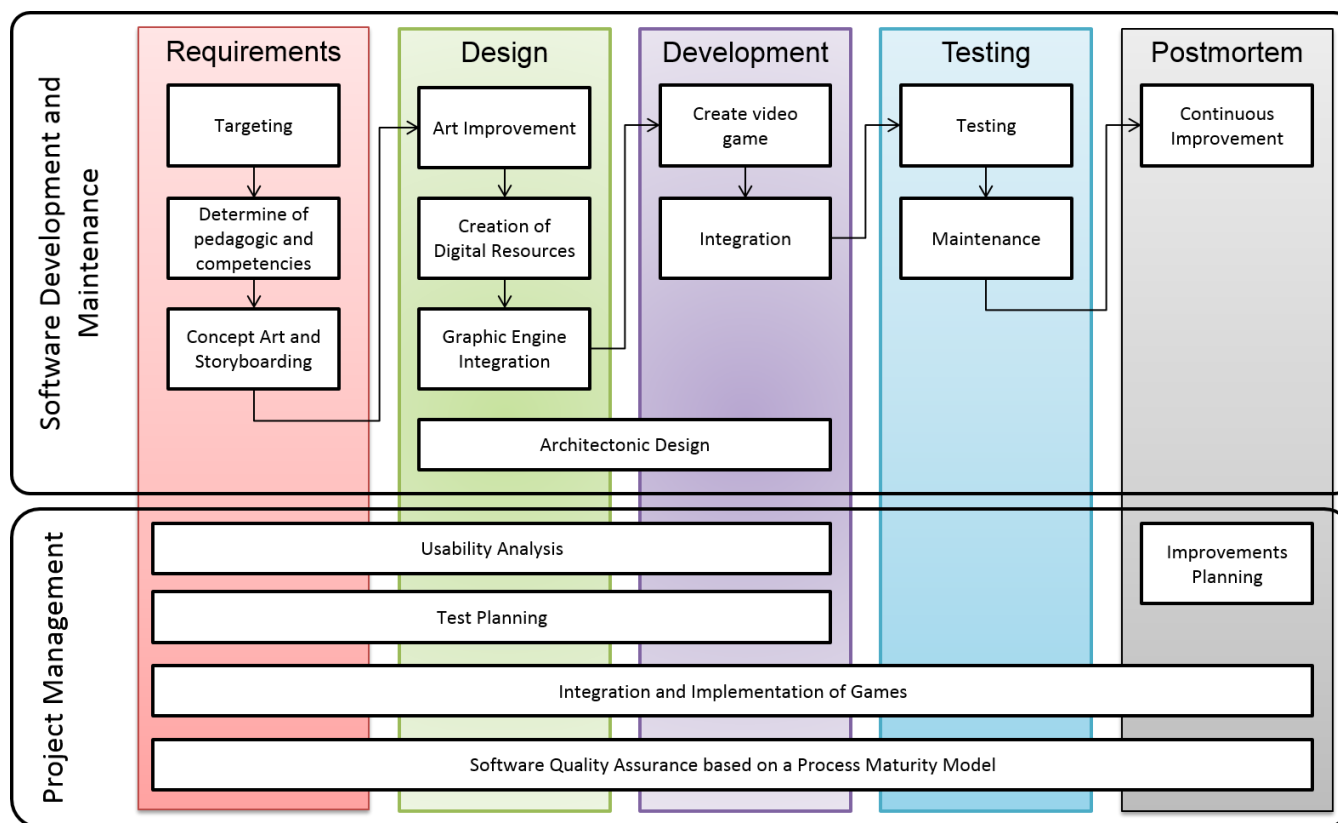


Figure 1. Proposed Serious Game Development Process.

This Game Development Process is founded in the traditional Software Engineering paradigms and complemented by previous efforts on large scale development of digital learning resources.

The game development process proposed provides developers and game designers with a process that will lead them clearly through the production of an educational video game, and in this way, have a map of the steps from conception of an idea to the release of the game, something that until now it was available only in internal documents of the major game development companies.

The game development process also provides a framework for the integration of experts from different disciplines to develop an educational video game, such as graphic designers, programmers, instructional designers, content developers, educators, project managers, project leaders, to name a few.

Based on the literature review and previous research in the field of digital educational resources, this process establishes a serious game must have the following elements, regardless of their purpose (training, education, etc.) and its competencies:

1. **Pedagogic aspects**, which include: learning needs of the individual or group of individuals, the social and cultural context of the individual or group of individuals and learning methodology (includes consideration of the learning model and learning styles). This aspect covers the elements "Pedagogic considerations", "Learner specification" and "Context" proposed by deFreitas and Oliver. All these aspects are covered by the Requirements Stage.
2. **Technical aspects** including considerations for game-play and story (Mike Zyda), and level of fidelity, interactivity, immersion, fun, etc. All these aspects are covered by the Requirements Stage.

3. And **integration aspects** including considerations for game-based learning (Alke Martens), considerations for inclusion of materials in formal classes, and considerations of context for the implementation of digital educational resources (deFreitas y Oliver). All these aspects are covered by the "Integration and Implementation of Games" activity.

The game development process proposed has a unique feature against other proposals, is developed from the point of view of Software Engineering, which allows to implement the process in a transparent way because the game is considered as a software product, so that a company dedicated to software development can deploy it easily and efficiently. It is important to emphasize that the process is independent of the development platform to be used, the specific techniques and pedagogical models to be implemented in the game, in other words, the game development process was designed to be implemented independently the type of product to be developed.

Finally, the game development process also provides, at the stage of requirements, the ability to develop products that tell teachers how to integrate the game with their classes.

4.1 Process Stages and Activities

4.1.1 Requirements Stage

The objective is to set goals that will cover the game; to establish the pedagogic mechanisms, across which the knowledge will be transferred to the students; to determine the competences and the knowledge areas that must be covered; and to create storyboard and concept art. Inputs: Game objectives, Pedagogics, Required competencies. Outputs: Game Design Document [12]

4.1.2 Design Stage

Its objectives are to create all digital resources needed by the game engine for the creation of the video game. These digital resources includes: 2D illustrations, 3D models, Maps, Objects, Materials, surfaces, etc., Sounds and music; and to create game engine if needed. Input: Game Design Document. Outputs: Architecture Documentation, Digital resources meeting engine specs.

4.1.3 Development Stage

The objective of this stage is to create the game including: Layout, Events, Shader, and AI; to design game play; and to integrate all the above elements with menus, options, etc. Inputs: Architecture Documentation, Digital resources meeting engine specs. Outputs: Serious game.

4.1.4 Testing Stage

Its objectives are to test the videogame in the next aspects: Technical, Knowledge absorption, Usability, Usefulness; to obtain efficiency statistics; and to maintain game. Inputs: Serious game, testing plan. Outputs: Testing results, improvement plan, corrective actions plan.

4.1.5 Postmortem Stage

The objective is to analyze all process and product information collected during development process to improve future developments. Inputs: Testing results, improvement plan, corrective actions plan. Outputs: Improvement and corrective actions logs.

4.2 Serious Games Quality

Velázquez in [1] mentions that the quality of a digital educational resource covers various aspects of software development using an object-oriented paradigm, and issues related to pedagogy. Therefore, is identified the existence of pedagogical and technical aspects, and usability and content components, which are considered as aspects that determine the quality.

Pedagogical aspects contemplate everything that facilitates the teaching-learning process, as are examples, assessments, self-assessments, feedback, and a pedagogical objective expressed under any taxonomy, to mention some, Bloom's Taxonomy.

The relationship between teaching methods and quality of the resource depends on the learning style of the user, so that it is recommended that the modalities of digital resources include auditory, visual and kinesthetic, recommendation that videogames cover perfectly.

In the content items are those that give information about the complexity of the subject and the level of detail that addresses the content.

Technical aspects include reuse and adaptability, as well as those established by the Software Engineering and utility, reliability, among others.

The aspects of usability (established in Software Engineering) of a digital resource concern the presentation of information (fonts, colors, sizes, etc.) and the disposition thereof (symmetrically, asymmetrically, using positive and negative space, etc.). From the point of view of software engineering usability is ease of use and learning of an object created by humans.

Bearing in mind the quality aspects for serious games, and the analyzed literature on video games and learning objects, a non-exhaustive set of basic features that represent a good starting point

to achieve a usable product with a good grade of quality were identified:

1. Short and focused on a single knowledge area to guarantee portability of the video game. In case of a Game Scenario can implement all the knowledge areas of a competency through a set of mini-games or in a single game.
2. Graphical user interface with aesthetic and minimalist design, friendly, and pedagogically evaluated;
3. Cases with formal reasoning;
4. Cases randomly generated to prevent the student memorize the answers to problems;
5. Challenging content and generating competition among students using the game, i.e., cases with different levels of difficulty.

Then, the fulfilment of the requirements must be ensured in order to guarantee product quality. The compliance with requirements must be ensured from the views: pedagogical, educational and ludic.

This "Serious Game Requirements Management" was not found in the literature review done, so in the next section is presented a process to match a formal competency with a non-formal content, identifying the aspects and factors that should be implemented in the production of the game so that satisfactorily cover the expectation of the competency within a scholar grade and guarantee the quality of the serious game through the fulfilment of the requirements. This process is called Competency-based decomposition, and it is a proven successful way to accomplish the production of a digital educational resource [1].

4.3 Competency-Based Decomposition

To carry out the production of video games, the Competency-based decomposition has to be implemented as shown in the following figure (see Figure 2). Based upon the review of the work in [13] and [14] the definition used in this research for competency is as follows: "Competencies are all mental resources of individuals that are used to master tasks, acquire knowledge and achieve a good performance in some specified abilities with a certain skill level."

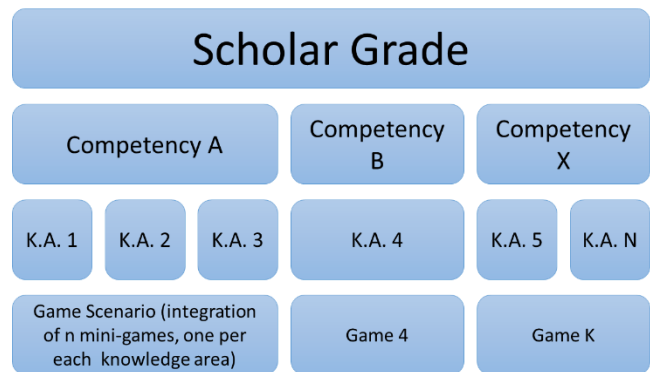


Figure 2. Competency-based decomposition process.

To achieve portability of video games and be able to integrate independently in formal classes, it seeks to be focused on a knowledge area. In turn, a scenario (which integrates different games under a common graphical standard) is created to cover a competency. Even a scenario could integrate various or just a fraction of different competencies, depending on the particular need.

In the next figure (see Figure 3) an example of the implementation of the competency-based decomposition process is shown.

5. DEVELOPING SERIOUS GAMES

As a proof of concept of the presented process the research team conduct a study case using as scenario “the competency-based decomposition of all the official math competencies for sixth grade Math for elementary school in Mexico”.

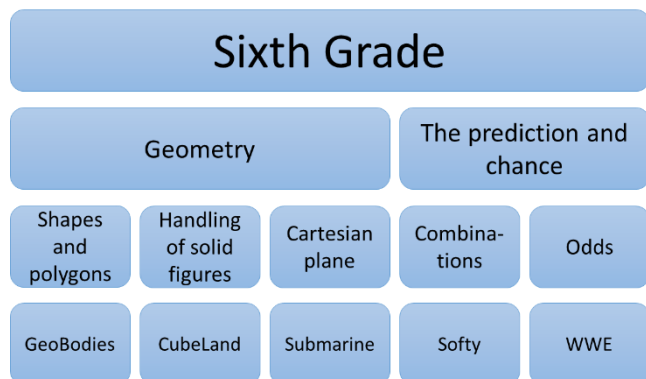


Figure 3. Competency-based decomposition example.

The first step to develop a serious games is identify the objectives, pedagogic aspects and the competencies to implement in the serious game, so the team identified a set of competencies for mathematics learning for sixth grade in elementary school in Mexico. This activity consisted in a deep review of syllabi and textbooks contents distributed by the Mexican Ministry of Public Education. After that, the team applied the Competency-based decomposition approach in order to establish the set of knowledge area, which should be covered by the developed serious games, see Table 2.

Table 2. Identified competencies and knowledge areas

Competency	Knowledge area	Description
The numbers, relationships and operations	Operations	Use basic operations to reach a particular goal.
		Resolve operations mentally and prioritize them.
	Decimal system	Operations and use the decimal point.
Geometry	Fractions	In relation to a unit, determine what fraction corresponds to certain questions.
	Shapes and polygons	Relate the figure appearing under his name respectively.
	Handling of solid figures	Creation of new figures from points or other basic shapes
Measures and Conversions	Cartesian plane	Find an objective from the motion within a plane.
	Lengths	Application and comparison of the measurement units of length.

	Volume	Application and comparison of volume measurement units.
	Weight/mass	Application and comparison of the measurement units of weight/mass.
	Perimeters	Determining the shape of geometric figures from its dimensions.
	Areas	Determining the area of shapes based on its dimensions.
	Time	Application and comparison of the measurement units of time.
Information processing	Graphic representation of results	Creating tables and diagrams to interpret information and amounts from goals.
Processes of change	Patterns	Equivalent proportionalities.
	Values of unity	Find an objective from certain indications of a plane.
	Cross product	Application of operations using the cross product.
	Percentages	Use percentages for achieve goals.
The prediction and chance	Combinations	Resolution count problems and use the tree diagram.
	Odds	Application of operations through chance games.

Once competencies are identified the next step is to set objectives, pedagogical, content and learning activities that will be integrated into the serious games. With this information proceeds to develop the conceptual art and game play. Subsequently, the digital resources for programming the games, including characters, environments, levels, items, etc. are made. Then, these resources are integrated into the graphics engine or game production tool, and performs programming of the products. Finally, testing is performed and the collected information is analyzed.

Competencies shown in Table 2 lead us to create a through the presented process a collection of 50 serious videogames oriented to increase learning encouraging appropriation of specific math-competencies. An extract of this list is shown in Table 3.

Table 3. Extract of developed video games

Video game	Competency	Knowledge area
pokeMath	The numbers, relationships and operations	Operations
Math Challenge	The numbers, relationships and operations	Operations
	Measures and Conversions	Weight/mass
DS3A	The numbers, relationships and operations	Operations
SpaceMath	The numbers, relationships and operations	Operations

Fracciones	The numbers, relationships and operations	Fractions
GeoBodies	Geometry	Shapes and polygons
CubeLand	Geometry	Handling of solid figures
Submarino	Geometry	Cartesian plane
GolfMeter	Measures and Conversions	Lengths
miHuerta	Measures and Conversions	Volume
Áreas	Measures and Conversions	Areas
Ubicación	Processes of change	Values of unity
Regla de Tres	Processes of change	Cross product
Kaxan	Processes of change	Percentages
WWE	The prediction and chance	Odds
Marcianos	Geometry	Shapes and polygons
Time Rider	Measures and Conversions	Time
Time Champ	Measures and Conversions	Time
Jinete Solitario	Measures and Conversions	Lengths
Perimeters	Measures and Conversions	Perimeters
Softy	The prediction and chance	Combinations
Math Fractions	The numbers, relationships and operations	Fractions



Figure 5. Space Math screenshots.

Screenshot for some video games can be seen in the next figures (Figure 4, Figure 5, Figure 6, and Figure 7).

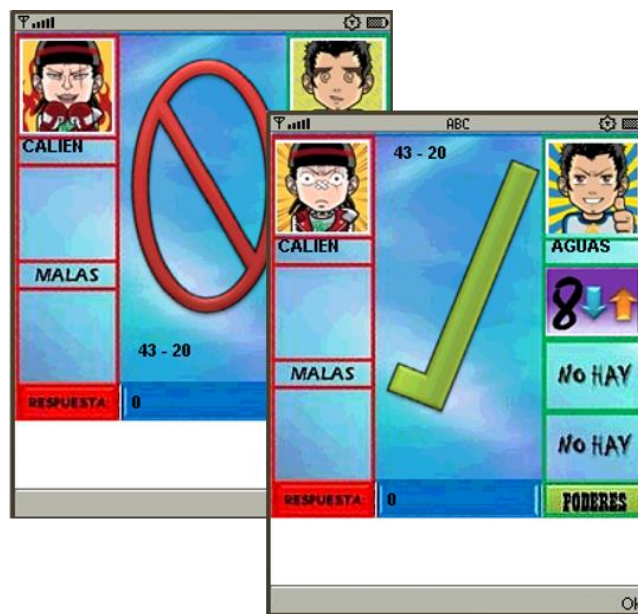


Figure 6. DS3A screenshots.



Figure 4. Kaxan screenshots.

5.1 Testing the Games

After the initial production phase of educational video games, the team proceeded to test them in order to study the impact on the learning level of students exposed to this learning strategy. Participants consisted in a group of 29 students from sixth grade of elementary school from the “Federal Rural Cuauhtémoc Elementary School” (Figure 8) located in La Paz, Ojuelos, Jalisco. Children studying in this school come from families just as scarce resources. This community has many needs, and to increase the use of IT access to information technology helps to alleviate some of them.

The process performed for the test was as follows [15]:

1. Identify potential schools.
2. Tests were designed for initial and control evaluations. The tests were designed to evaluate knowledge level of students in the next knowledge areas: Areas, Handling of solid figures, Fractions, Shapes and polygons, and Crossed product.
3. School was selected.

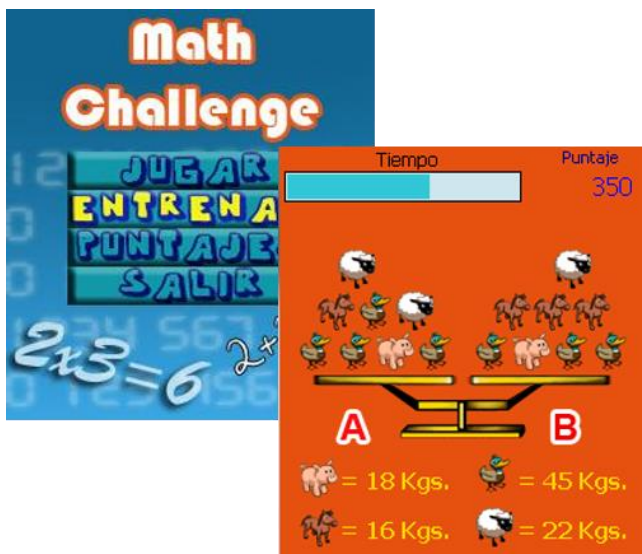


Figure 7. Math Challenge screenshots.



Figure 8. Kids in their classroom and kids playing with the games.

- Students group was selected. The group was divided into two parts; taking into account that in both groups, students'

- average grade must be equally distributed, i.e., the group was divided according to the average grades of the students.
- Initial evaluation was applied to all students.
- The test group used video games in one-hour sessions twice a week for four weeks.
- At the end of eight sessions, a control test was applied to identify the impact of video games use.
- The collected data were analyzed with SPSS software.

The team obtained linear regressions of each knowledge area by applying statistical analysis on collected data. This information allow the team to determine trends in scores comparing the results before and after educational video games use.

The overall findings of our study are graphically depicted in Figure 9 where dotted line displays the results obtained in the first examination. Solid line displays the results of the evaluation performed after serious games use.

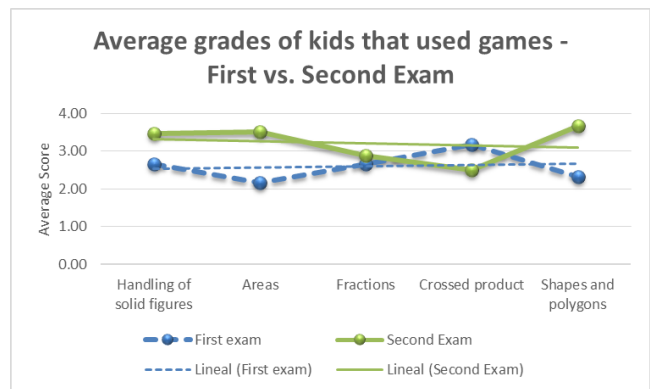


Figure 9. Overall result of the students in different areas of knowledge tested.

The team was able to observe significant improvements in three knowledge areas (Handling of solid figures, Areas, and Shapes and polygons). Meanwhile, the area of knowledge “Fractions” has a slight rise in the scores. These enhancements are strongly related to the use of serious games that helped both, decreasing the frequency of low scores, and increasing the frequency of higher scores. The bigger discrepancy was found in the scores from knowledge area Crossed Product where we observed a mild decrease in the scores.

5.2 Discussion

We think that the improvement in the scores achieved in knowledge areas “Handling of solid figures”, “Areas”, and “Shapes and polygons” shows that the use of video games help to improve the knowledge level of students who use them. The results mentioned above show a strong trend of improvement in the level of knowledge in the considered knowledge area.

Related to knowledge areas with low scores we observed some interesting aspects that certainly could have a negative influence in the scores. In the case of “Fractions”, the staff responsible for conducting the tests observed that the video game graphic design was unattractive to kids, resulting in little interest in using the game by the students. The game related to the knowledge area “Crossed Product” had a different condition, in this case the problems presented by the game were not randomly generated, but the game had a question bank which students were able to memorize. This specific situation allowed students have high scores when they played the game, but getting the opposite in the test.

6. CONCLUSIONS

This research focuses on the creation of a serious game development process, which, through a competency-based decomposition approach has succeeded in producing a collection of serious games that have achieved an improvement in student learning.

This research has also shown that the production of serious games can be managed from the point of view and with techniques of Software Engineering, achieving a successful integration of the different actors in the production of a digital resource.

The literature states that a quality process generate quality products, therefore the questionnaire SUS (System Usability Scale) was performed, showing that the product has quality so the process is well designed.

The results obtained from the study case show that serious games represents suitable resources for teaching in elementary schools, since children are very interested in their use. Similarly, we could observe that the use of serious games increases the level of knowledge of students significantly in a short period of time. In this vain, it is possible to visualize higher learning levels in students if this strategies were applied in a continuous way by teachers and along the scholar year.

The research also reflected the importance of ensuring well-designed serious games, from internal code through the user interface, which directly impact on the interest of kids on the game having repercussions on the level of use. All details must be carefully considered, analyzed, developed, and evaluated, otherwise the generated products will not ensure student learning, resulting in low absorption of knowledge and poor performance by students, even worst, the videogame content could confuse kids and prejudice over helps.

7. REFERENCES

- [1] C. E. Velázquez Amador, F. J. Álvarez Rodríguez, L. Garza González, M. Á. Sicilia, J. M. Mora Tavarez and J. Muñoz Arteaga, "Una Experiencias en el Desarrollo Masivo de Objetos de Aprendizaje Empleando Parámetros de Calidad y un Proceso de Gestión Bien Definido," IEEE - Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 6, no. 4, pp. 155-163, Noviembre 2011.
- [2] A. Barajas Saavedra, J. Muñoz Arteaga, F. J. Álvarez Rodríguez and M. E. García Gaona, "Developing Large Scale Learning Objects for Software Engineering Process Model," 2009 Mexican International Conference on Computer Science, pp. 203-208, 2009.
- [3] A. C. Vidani and L. Chittaro, "Using a Task Modeling Formalism in the Design of Serious Games for Emergency Medical Procedures," 2009. VS-GAMES '09. Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, pp. 95-102, 23-24 March 2009.
- [4] M. Masuch and M. Rueger, "Challenges in collaborative game design developing learning environments for creating games," Third International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, pp. 67-74, 28-29 January 2005.
- [5] H. Oktaba y G. Ibarguengoitia González, «Software Process Modeled with Objects: Static View,» *Computación y Sistemas*, vol. 1, n° 4, 1998.
- [6] R. S. Pressman, *Software engineering: a practitioner's approach*, Sexta ed., McGraw-Hill, 2006.
- [7] I. Sommerville, *Software engineering*, Septima ed., Pearson Education, 2005.
- [8] C. Aldrich, «Virtual Worlds, Simulations, and Games for Education: A Unifying View,» *Innovate: Journal of Online Education*, vol. 5, n° 5, 2009.
- [9] FutureLab, "Games in Education: Serious Games - A FutereLb Literature Review," Harbourside, 2010.
- [10] R. Ibrahim and A. Jaafar, "Educational Games (EG) Design Framework: Combination of Game Design, Pedagogy and Content Modeling," 2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics ICEEI '09, vol. 1, pp. 293-298, 5-7 August 2009.
- [11] N. A. M. Zin and W. S. Yue, "History educational games design," ICEEI '09. International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2009., vol. 1, pp. 269-275, 5-7 August 2009.
- [12] M. González Salazar, H. A. Mitre, C. Lemus Olalde and J. L. González Sánchez, "Proposal of Game Design Document from software engineering requirements perspective," 2012 17th International Conference on Computer Games (CGAMES), pp. 81-85, 30-1 July 2012.
- [13] M. Mulder, T. Weigel and K. Collins, "The concept of competence in the development of vocational education and training in selected EU member states: a critical analysis," *Journal of Vocational Education & Training*, vol. 59, no. 1, pp. 67-88, March 2007.
- [14] Á. Díaz Barriga, "El enfoque de compentecias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?," *Revista Perfiles Educativos*, no. 111, pp. 7-36, 2006.
- [15] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado and M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Quinta ed., México D.F., D.F.: McGrawHill, 2010, p. 613.

TimeMesh: Producing and Evaluating a Serious Game

Pedro M. Latorre Andrés,
Francisco J. Serón
Arbeloa
Departamento de Informática
e Ingeniería de Sistemas
Centro Politécnico Superior
(Universidad de Zaragoza)
María de Luna, 1
E-50015 Zaragoza (Spain)
platorre@unizar.es,
seron@unizar.es

Jorge López Moreno
GMRV
Universidad Rey Juan Carlos
Calle Tulipán s/n. 28933
Móstoles. Madrid
28933 Móstoles. Madrid)
jorge.lopez@urjc.es

Carlos Vaz de Carvalho
GILT
Instituto Superior de
Engenharia do Porto
Rua Bernardino de Almeida,
431
4200-072 Porto (Portugal)
cmc@isep.ipp.pt

ABSTRACT

Serious Games are specifically designed to develop mental abilities and skills such as strategy, mental calculation and decision making but the acquisition of deep knowledge with Serious Games is less well understood. To improve this understanding, a game called TimeMesh, as well as the needed graphic engine, called TimeMesh engine, -a multiplayer graphical adventure engine inspired by the 90s graphic adventures created by LucasArts- have been developed. TimeMesh has been designed to impart knowledge and competences in the area of History and Geography.

To test the acquisition of knowledge with Time-mesh a complete process of evaluation was designed, divided in three parts, always with user intervention: first, with the game developers, then with teachers and lastly, but most importantly with students.

In this paper we present our experience in designing, implementing and evaluating TimeMesh and formulate the conclusions of this study.

Categories and Subject Descriptors

L.0 [Assessment/Evaluation/Measurement]: L.3.5—*Online Education*

General Terms

Design, Measurement, Human Factors

Keywords

Serious Games, Graphic Adventures

1. INTRODUCTION

Computer games have wide acceptance among younger learners for their challenging design but also for the social interactions they generate (especially web through online games). Serious games are specifically designed to change behaviors and impart knowledge and are widely used with adults in training situations, such as emergency preparedness, training for leadership and even citizenship [2] [1]. The use of Serious Games with a younger audience has also emerged as a wide field of experimentation, too. As an example, the repository of a new association on serious games shows games and all kind of resources (see [4])

In this paper the authors firstly present the game TimeMesh as the main result of the European Union funded project SELEAG (2009-2011), the basis for this work. The two next sections refer to educational evaluation of TimeMesh: a general frame on questions and instruments of evaluation and finally the results in the case of a secondary school in a rural area in Spain. The paper ends with a section on discussion and conclusions.

2. THE GAME TIMEMESH

The game TimeMesh was one of the main results of the project SELEAG (Serious Learning Games), that was aimed to evaluate the use of Serious Games for learning history, culture and social relations.

To accomplish this goal a game named TimeMesh was developed. The game is a multiplayer and configurable graphic adventure online system with three game scenarios (2nd. World War, Industrial revolution and History of Discoveries). A methodology was also developed to evaluate the multidisciplinary learning (history, geography, economics, etc.), social awareness and changes in attitudes towards learning and towards an European identity.

The assessment took place in several European countries with children aged 11-16 in order to determine the value of serious games for this age group and context.

The main characteristics of the online game platform are the following:

- Online point-and-click 2D graphic adventure, with collaboration and peer gaming
- Online lobby to make teams, select games, talk with friends, etc.

- 3 scenarios for the Industrial Revolution, Maritime Discoveries and Second World War

Upon its use in Slovenia, students and teachers were so interested in the game that they asked for a scene that included Ljubljana as well. Then, a different version of the Second World War scenario was developed, using Ljubljana as one of the focal points of the game play. This also showed that the game platform is extensible and new scenarios can be added to it.

The game is available online at TimeMesh website. You can learn how to play, register and play for free at [7] There are already more than 5000 registered users of the game. The game has been extensively used in several schools and more than 400 students were already involved in playing it as part of curricular or school activities. Several teachers involved in the teachers workshops have proposed new scenarios, to be developed as curricular activities with their students. Some of these proposals are quite creative and show other possibilities to use the platform. A few examples:

- Platos cave (Philosophy)
- Shakespeares life (English Language)
- The 1929 financial crisis (Economy, Social aspects)
- World geography

As part of the project, a State of the Art on Serious Games [5] and a State of the Art on Adventure Game Engines [6] were produced.

2.1 Game paradigm and architecture

The TimeMesh engine is a graphic adventure online system inspired in the 90s graphic adventures created by LucasArts: the SCUMM approach [3] (see figure 1). Verb-object paradigm is used in this kind of games in which user is in control of a character that walks and interacts with a number of other characters, objects and fixed perspective scenarios. An inventory is also available to store objects that the character collects through the game: the interaction with these objects (combine, inspect or use them with other game elements or characters) is necessary to successfully finish the adventure.

User-driven actions are defined by using a click&point approach:

- First click: Some verbs available: Give, Pick Up, Open, Close, Look, Push, Pull, Talk etc.
- Second click: on an active element on the scenario or the inventory
- Last click triggers an action that can have different consequences:
 - Characters talking, moving.
 - Triggering of conversations with a character that may trigger other actions
 - A new addition to the inventory
 - Adding achievements and flags to an invisible inventory that will unlock further parts of the adventure.



Figure 1: Verb-Object Paradigm, Example of GUI. Left: User verb actions. Right: Inventory panel for objects.

- Trigger animations
- Remove props from scenario
- Load animations

Some actions are available or their behavior can change depending on the stored flags and achievements. Internally, the SCUMM engine is a finite state machine where the behaviour of each character, scenario and object is scripted (in XML files), describing all the possible interactions. This is the way game advances and challenges are controlled and defined.

As an online system, TimeMesh is composed by two main elements:

- Adobe Flash based Front end: Executing on the users web browser. It creates the virtual theatre where the game happens, characters interact. It includes Main game logic, Virtual 3D visual system, Game code interpreter, Communication Layer and Audio System.
- Server System. PHP/Apache server with a MySQL back-end. It gives support to allow:
 - Game persistence: each of the user actions is instantly recorded in the database: game status is kept even if the browser is closed.
 - Game files serving: XML and SWF files composing the scenarios.
 - Game saving. Create save-points of the game.
 - Multi-user: support to multiple users sharing goals.

An overview diagram of the system modules is shown in Figure 2: The diagram on the right describes the data generation and processing, from the authoring tools (XML editor and Flash editor) used to generate the input files to the final user screen, passing through the SCUMM engine which processes all the data. On the left diagram, the SCUMM engine and the data flows are shown in more detail.

Finally the system incorporates a PHP engine which is ready to support multiple languages at the same time (based on a GETTEXT system). The idea is to keep untouched the reference version of the scenario no matter how many languages are added (the set of sentences in the initial language

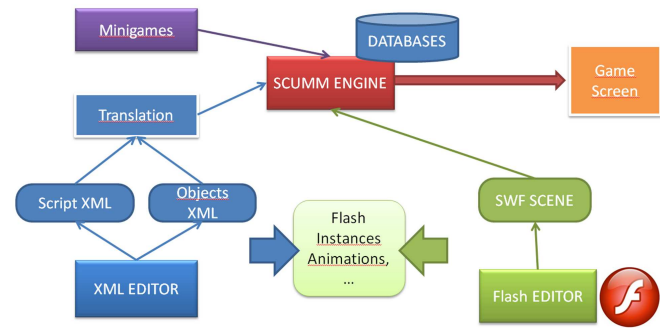
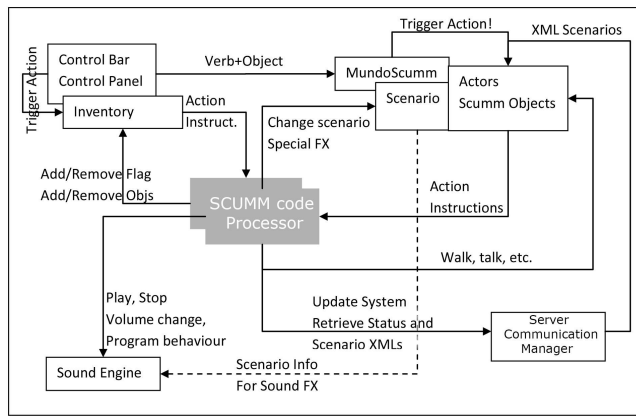


Figure 2: Overview of our game engine architecture. Left: High-level description of the five systems which compose our game engine. Right: Diagram of the data pipeline, from the authoring tools (Flash and XML editors—blue and green boxes) to the final user.

acts as a lookup reference table for new translations). Anytime a new language is added, we only need to generate a new translation file for the new language. In this fashion, we can easily keep a control of change propagation through languages whenever any modification is done on the original scenario XML scripts.

2.2 Multiplayer-MultiWorld Philosophy

The TimeMesh engine was designed so a number of multiplayer features were possible. To our knowledge this is the first time that the graphics adventure paradigm is redesigned into a collaborative multiplayer setup. The scenario of use is a learning scenario where collaborative teams would share an adventure and somehow help each other to advance in the game. After some analysis, these are the features that were chosen to be added to the TimeMesh engine to support the Multiplayer-Multiworld philosophy:

1. The whole game is divided in scenarios. A Set of scenarios become a Chapter. A set of chapters a world. A set of worlds, the whole game.
2. Each chapter has two versions of it.
3. A set of users become a team.
4. Two teams in a pair become a match
5. There are cross-bars in the adventure game. A cross-bar is a shared blocking between two teams playing a match. Until both teams have gone through two parallel challenges neither of them can progress in the adventure game.

2.3 Management

This structure and relation of players, teams and parings is stored in a the central database and accessed through the PHP layer. However, for educational and safety reasons the filling of the structures is done through the admin-only side of the TimeMesh site. In particular it is the mission of the teachers to create, manage and pair the teams.

3. THE EVALUATION PROCESS: WHAT TO ASK AND WHO IS ASKED

A game implementation and evaluation report, that was also produced as a result of SEGAN project, was applied. The evaluation methodology can be seen in detail in [8]. In summary the methodology is divided on three stages:

- First, it was extensively applied to all the implementations. Results allowed validating the SELEAG approach but also allowed to validate the evaluation methodology itself.
- Second, it can be replicated for other Serious Games. Therefore, it has been extensively published in conferences and other events.
- As such, this document can extensively reused by other Serious Games projects, even for benchmarking purposes.

Following this methodology, the design process of TimeMesh included three phases. In the first of them a first set of prototypes, including various graphic design styles and educational settings, was proposed to members to be evaluated following the preestablished questionnaire (alpha test). The result was a functional single player first version of the game with three historic scenarios (Second World War, Maritime Discoveries and Industrial Revolution) with quite different design aspect, that was sent to a broad number of educators from all the countries engaged with the project in order to collect a significant number of opinions (beta test).

Finally, the fully operational final version was open to public audience and some gamefests, seminars and sessions of evaluation with students took place (gamma test). The game is still available in Timemesh.eu, and over 5000 players have completed at least one of the scenarios.

3.1 Evaluating within partners: Alpha testing

The objective of an Alpha Testing procedure is to emulate an actual operational testing. It is performed by members of the development team that have not been involved in the development of the particular features to be tested. Alpha Testing allows anticipating, internally, problems that

would only be detected by external testers in the Beta Testing phase. This stage is more rewarding if qualitative data collection is used because it provides richer information. Following the evaluation protocol, partners must

1. Identify participants (staff from partners) which have not been involved in the development (at least 4 elements)
2. Have participants playing the scenario and trying to finish it. Participants should
 - (a) Measure how much time it took to finish each scene
 - (b) Identify learning outcomes addressed. Check if they match watch was proposed
 - (c) Identify other learning outcomes that should be addressed
 - (d) Assess if the game is motivating. Identify problems
 - (e) Assess if the graphical environment / usability is adequate. If not, identify the issues

3.2 Evaluating with educators: Beta testing

Beta testing already involves samples of the end-users that are brought in to comment the game. Focus on the game play, mechanics and interaction with the game allows leaving learning aspects to the last stage, gamma testing performed during the first implementation with the end-users. Following the evaluation protocol, partners must

1. Identify participants (teachers from associated partners: at least 2 per partner)
 - (a) Name, school, discipline he/she teaches, e-mail (this info should be collected independently from the questionnaire – nevertheless you can use the questionnaire to guide the interview –)
2. Explain the concept of the game and of the scenario (they won't have access to the main scenario). Explain how to use the game interface.
3. Have participants playing the game and trying to finish it
4. Participants should
 - (a) Measure how much time it took to finish each scene
 - (b) Answer the questionnaire
5. Interview the participants using the semi-structured interview guide
6. Report the results

Teachers played the game in a controlled environment (at the University). On one side, this ensures that they had no other tasks in parallel (like it would happen if they do it from home or school), that they are focused on the game and that they are immediately available for the interview. They can also help each other to solve the game which can be funnier.

3.3 Evaluating with students: Gamma testing

The last stage of the evaluation is performed with the end-users, during the first round of implementations.

Following the evaluation protocol, partners need to

1. Identify the schools that are going to participate in the testing (information about teachers: name and subject they teach; information about students: age group and number of students)
2. Explain the testing procedure to the teachers
 - (a) First part of testing, which is conducted before the game is played, deals with students motivation for history and for playing the game, as well as their knowledge (Knowledge Test 1 and Motivation Questionnaire)
 - (b) Second part of testing takes place after the game is played. The test focuses on students view on the game and their knowledge. (Knowledge test 2 and Satisfaction Questionnaire)
 - (c) Students are asked to give us their own opinion about the game.
 - (d) Teachers answer a questionnaire about the activity.
3. Carry out the testing in classroom with computers. Each student should have his own computer. Students can help each other while playing the game and use internet to find hints for solving game problems.
4. Carry out the poll before and after the gameplay. Students individually answer the questionnaires provided.
5. Report the results to the coordinator (including info about how many students participated, major problems they were, and what were the biggest problems students had while playing the game).

In the next section, which has been separated from it by its length, one of the evaluation sessions with students is described. The session took place in a grammar school in a village in Spain. The different questionnaires are also shown.

4. EVALUATION RESULTS: THE CASE OF A SECONDARY SCHOOL IN A RURAL AREA IN SPAIN

The case study took place in the secondary school of Malén, a small rural village of Zaragoza, Spain. The class was composed by 22 students, mostly 15 year-old (68%). The rest of the students were 14 and 16 years-old. Students were predominantly female (59%) but the difference to the number of men is not large and allows comparing results.

There was no personal information of students stored during the study for legal reasons. Students were identified in the study by a 2-letter code chosen by themselves. This allowed to get individual correlations between pre and post-game data.

The exercise was conducted during a normal class period so students were not volunteers. Therefore students played the game instead of having the normal class activities in information systems and technologies. This could lead to an increase in motivation by the students.

Students were previously informed that they would be involved in this study but they had no previous information about the game and the historical context of the story.

The students did not have any curricular information about World War II.

4.1 The evaluation process

The organization of the study was done as follows:

- Students were seated in teams of two in front of a computer. Students had to collaborate with the teammate to play the game;
- Each team was paired with another team so that they could collaborate online, through the collaboration mechanisms (chat) embedded in the game;
- Before starting the game students answered, individually, a diagnostic questionnaire to assess their knowledge of the facts and ideas of the Second World War;
- At the same time students answered a questionnaire about their competence in History, their motivation towards this discipline and their use of computer games;
- The computers were already prepared, so students immediately entered the game without the need to register themselves or the need to understand the online game platform;
- For this study the first scene of the Second World War scenario was selected due to the closeness to the History curriculum of the students. This scene was designed to take about 45 mnts to be completed by a player with minimal experience in adventure games;
- Students played the game for 45 min. They were monitored (but not helped) by two researchers and a teacher. Teams were allowed to communicate with other teams through the chat or face-to-face;
- In the end students answered the same knowledge questionnaire to assess pre and post-game evolution. Students also answered a questionnaire on their perception of the game usability, play and interest for learning;
- Observations of the two researchers and the teacher were collected in the end;
- Data about the success of the teams in the game was collected automatically by the game platform.

In relation to the use of the game in a normal curricular learning methodology there were a few relevant changes that limited the learning aspects:

- When the game is integrated as a curricular activity, the game complements the normal teaching and learning processes. Therefore there is an added effect of repetition that reinforces the acquisition and retention of the information;
- In an integrated curricular learning methodology, the after game can be a class discussion where students present their own views on what they learned from the game. By doing so students can reinforce their own knowledge and can benefit from peer learning by listening to their colleagues;

Both these aspects were absent from this study. Therefore study results reflect probably a lower level of knowledge construction than would have happened in a curricular integration situation.

The knowledge test presented eight questions that (all but one) related to situations and facts that were contextualized in the scene that students played. The last question was intentionally difficult to answer by these students because it is not a common knowledge question and it refers to a specific geographical area (Balcans) that is not addressed in Spanish schools when the effects and facts of the second world war are studied. By comparing pre and post test answers to this question it was possible to assess if students used any other form of access to information, like a search engine.

The questions asked to the students were:

- 1 Name two countries that were involved in the Second World War
- 2 During that time who was Great Britain's Prime Minister?
- 3 What was the Enigma machine?
- 4 What was the importance of the Enigma machine?
- 5 When was Paris invasion by the German troops?
- 6 What was the French Resistance?
- 7 Name one of the words of the French motto
- 8 Who was the leader of the partisan fighters in Yugoslavia, at that time?

4.2 Results

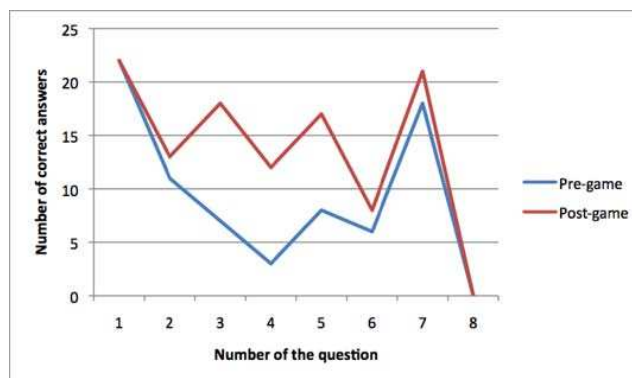


Figure 3: Pre-game and post-game knowledge level results

The results of pre and post-tests can be seen in figure 3. It is clear from the graph that the knowledge level of the students increased between the pre and post-game questionnaires. This is especially evident in the two questions related to the Enigma machine, the focus of the game. This evidences that contextual information can be converted in knowledge. This is not just factual information.

What students were required to answer related to the nature of this machine and its importance to the war. These are questions that require students to reflect and give their opinion. It is obvious that the answers were not perfect, in terms of accuracy, language and semantics. Nevertheless we have considered as correct all the answers were students showed that they had understood the main ideas about the machine.

The first question is an interesting case. Although all

the students gave a correct answer in the pre-game test at that moment only seven students mentioned Germany and France as two of the countries involved. After the game, fifteen students mentioned Germany and France, so there was a clear impact of the game in the way students answered this question.

In the fifth question there was also a curious evolution. In the pre-game answer students mentioned only the year. In the post-game questionnaire, students mentioned the day and month of the invasion. The control question was not answered in any of the situations by any of the students. That shows that students did not try to answer questions by using other sources of information.

In the remaining questions there was a slight improvement in the number of students that correctly answered the questions.

Overall there was a clear improvement in the level of the students knowledge.

Looking individually at boys/girls differences (see figure 4) we see that the end result is quite homogenous and boys, who had initially worst results, were able to benefit from the game to get at the same level and event better than the girls.

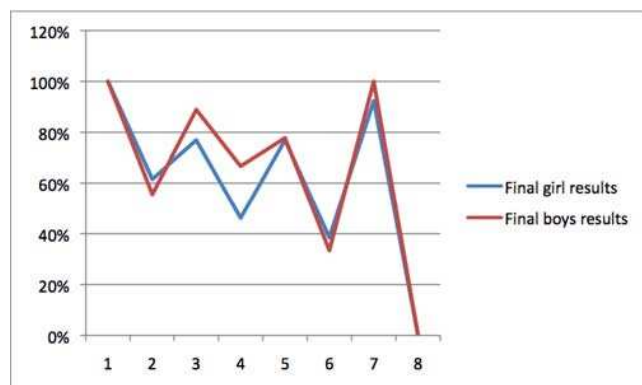


Figure 4: Looking at boys/girls differences

To analyze the predisposition and motivation of the students towards History, students answered 6 questions pre-game, when they were still unaware of the game they would be playing:

- 1 I am good in History
- 2 I am good in History in comparison with other disciplines
- 3 I am satisfied with my performance in History, compared to other disciplines
- 4 I think History is an attractive subject
- 5 I think History is interesting
- 6 I think History is fun

Answers were given through a 7-point Lickert scale, from 1 (Strongly disagree) to 7 (Strongly agree), with 4 as the average score.

The scores in the six questions (see figure 5) are quite balanced what could be expected because the questions were very close in the formulation. It is clear that students are quite neutral about History but nevertheless they prefer it to other disciplines. However they don't see it as a "fun" subject. The most interesting (and totally unexpected) aspect about this issue is the clear difference between boys and

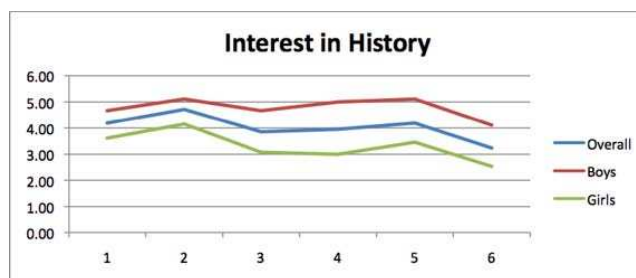


Figure 5: Interest in History

girls. Boys are clearly more motivated than girls to study historical subjects. This had clearly influence in the game development, later on.

Concerning the use of computer games, the predisposition of students towards games was assessed by the following four questions:

- 1 Computer games are fun
- 2 I play frequently computer games
- 3 I can learn through computer games
- 4 When I have a problem in a game I try to solve it independently

These results can be considered quite surprising (see figure 6). Above all, the fact that students say that they don't play frequently computer games. It is possible to think that students were reluctant to accept that they play lots of games and therefore lied on this question. Nevertheless in the first question it would be expected that students would be more enthusiastic about games. Therefore this is a group of students for whom games are not fundamental. This can be related to the rural characterization of the village of Mallén which predisposes kids to play more physical activities rather than computer games.

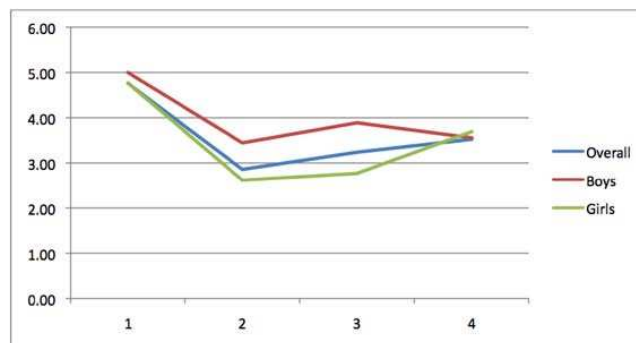


Figure 6: Predisposition of students towards games

Students were also doubtful that they could learn with games and they are neutral in terms of autonomy in games. This is an important aspect considering that afterwards they would have to play the game collaboratively.

As expected boys were more positive about playing games, they had more experience and considered them more fun than the girls.

About students' perception on the game, after the game played students answered a questionnaire about their perception of the game. Firstly aspects related to the fun were assessed with the following questions:

- 1 I liked playing this game
- 2 This game was fun to play
- 3 This game did not attract me

The last question was negative to catch students that were answering randomly the questions. Looking at the results of this question (see figure 7) that confirms the previous ones, it was again clear that students answered the questionnaires with intention and honestly.

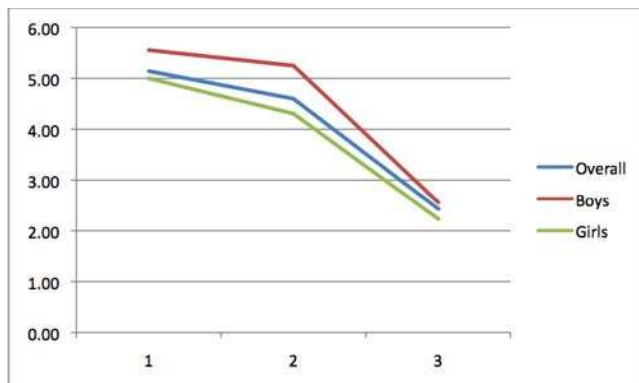


Figure 7: Predisposition of students towards games

Student's impression was positive, but not overly positive which again shows that students were honest in filling the questionnaires. Boys were more satisfied than girls but girls considered that they were more impacted by the game.

The second part of the post-game questionnaire relates to the game play and learning through games. The questions used were the following:

- 1 I'm good at this game
- 2 I did well in this game, compared to my colleagues
- 3 After I started playing I knew what I had to do
- 4 I liked learning with the game
- 5 I identified myself with the main character
- 6 After playing the game I can picture better the second world war
- 7 When I started playing I knew what had to do
- 8 It took me some time to figure out how to play the game
- 9 There was enough feedback to know what I did wrong and what I should have done

Students have a positive view of their performance in the game (see figure 8). That includes the ability to solve the problems that they faced, including the fact that they received (purposely) very little information to start with. They were unable to identify themselves with the character which is an aspect to be studied. The most positive aspect in fact was the consideration that students liked to learn this way, using games. Boys were again more positive than girls in the evaluation of the game.

Finally students perception on collaboration was assessed through the following questions:

- 1 I collaborated with my team partner
- 2 I collaborated with other team
- 3 These forms of collaboration worked very well
- 4 I was satisfied with this collaboration

This was the most positive aspect (see figure 9). Students enjoyed immensely working with a colleague and with the other teams. This was an aspect viewed very favorably by the students. There was no clear distinction between boys

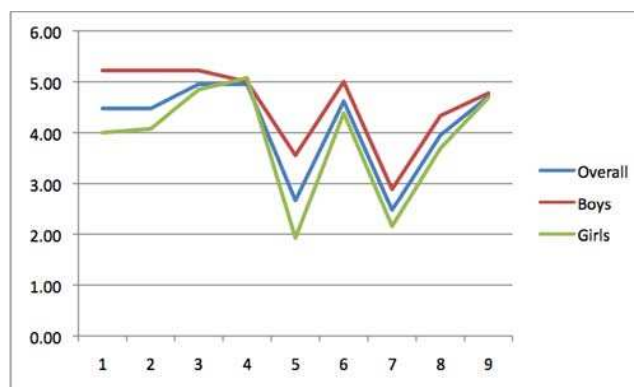


Figure 8: Students perception on their game play performance and learning through games

and girls in this aspect.

The observation during the game showed some very interesting aspects:

- When boys were told that they would be playing a game about the second world war they were thrilled. They immediately thought it was going to be a shoot'em-up game where they could shoot the other players. When they realize that it was a much more quiet adventure game they lost momentarily their interest. Nevertheless when they started playing they regained their interest and started competing between themselves to see who could solve more quickly the challenges. Later all the teams started collaborating and giving clues to the other teams.
- Looking at the records of the game platform it was interesting to note that many of these students reentered the game after they left the class to try to complete the other scenes of this scenario. This shows that they were motivated by the game and tried to use it on their own.

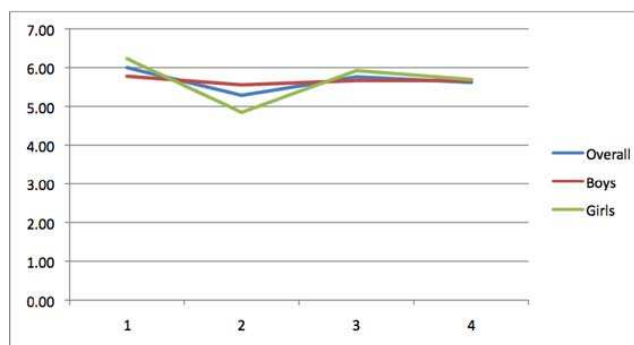


Figure 9: Students perception on collaboration

5. CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Serious games are games that exploit the motivation and attractiveness of games for other purposes like learning and skill and competence development. However, to demonstrate the effectiveness of a serious game, an holistic evaluation process is required.

In the scope of the SELEAG project, a serious game was designed, developed and tested, meant to develop and promote knowledge and skills related to history and geography. This game, Timemesh is now being used by more than 5000 students and what we showed in this article was a small part of the evaluation process conducted to ensure its quality.

From our experience, the serious game teams can enhance the playfulness of education by treating the learning process as an exploration field. In each case of our games, there is no prior "course content" to be learnt. The player or players team start the game with just a rough specification of the general situation to be considered. It has been evident that student-players explore their relations through the process of playing.

A possible challenge of serious games might be to drive the student to actually think that the learning process is a game. Or, it would be interesting to introduce the basic elements involved in game design as an element of the curriculum of the teacher.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This paper has benefited from discussions with the teachers and game developers and was partially funded by the european projects *Serious Learning Games (SELEAG)*, COMENIUS 503900 and *Serious Games Network (SEGAN)*, 519332-LLP-1-2011-1-PT-KA3-KA3NW and by the project TIN 2011-24660, Ministry of Economy and Competitiveness of the Spanish Government.

We also thank the collaboration of Gaspar Ferrer, former Director of the Aragonese Center of Technologies for Education (CATEDU), and to the students of IES "Valle del Huecha" in Mallén who participated in assessing TimeMesh, as well as the teachers who allowed us to do this experience.

7. REFERENCES

- [1] H. Franssila and M. Pehkonen. Why do ict-strategy implementation in schools fail and ict-practices do no develop? In *Media Skills and Competence Conference Proceedings*, pages 9–16. University of Tampere, 2005.
- [2] J. J. Lee and J. Hammer. Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 2011.
- [3] LucasArts. Script Creation Utility for Maniac Mansion (SCUMM). en.wikipedia.org/wiki/SCUMM, 1987.
- [4] SEGAN. Project Main Page. <http://seriousgamesnet.eu>, 2013.
- [5] State of the Art. Serious Learning Games. <http://gilt.isep.ipp.pt/seleag/results/StateoftheArt.pdf>, 2009.
- [6] Graphic Adventure Games Engines. <http://gilt.isep.ipp.pt/seleag/results/GameEngines.pdf>, 2009.
- [7] TIMEMESH Game Main Page. <http://seriousgamesnet.eu>, 2013.
- [8] C. Vaz de Carvalho. Is game-based learning suitable for engineering education? In *Proceedings of the Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*, pages 1–8. IEEE Conference Publications, 2012.

Tutorial

Visually Interpreting Experience: Circle of Visual Interpretation Methodology

Dave Wood

Senior Lecturer in Graphic Design
Northumbria University
Newcastle upon Tyne, UK, NE1 8ST
dave@bazaar.me.uk

ABSTRACT

This paper provides an overview of the *Circle of Visual Interpretation* methodology that is workshoped during Interacción 2014. This new method uses visual interpretation techniques to phenomenologically reveal extra detail of user behaviour from within user research. The *Circle of Visual Interpretation* methodology is aimed at design teams engaged in designing interactions to use during their ideation phase. Through visual interpretation a dialogue between designers and their target audience is phenomenologically crafted. From engaging in this *hermeneutic-semiotic* process fresh understanding regarding user motivations behind user actions visually emerges. In this paper each practical step in this methodology is summarised and illustrated with examples from a user research project.

Categories and Subject Descriptors

H.5.m. Information Interfaces And Presentation; A.0 General; H.1.m Miscellaneous; E.m Miscellaneous.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors, Theory.

Keywords

Hermeneutic Phenomenology, Interaction Design, Methodology, Method Cards, User Experience, Moments, Visual Communication, Visual Interpretation.

INTRODUCTION

The *Circle of Visual Interpretation* methodology is a new qualitative method that synthesises Heideggerian hermeneutic phenomenology, practical Visual Communication techniques, and the semiosis of the pragmatist C.S. Peirce [1] (*hermeneutic-semiosis*) into an immersive and discursive visual existential dialogue between designer and user. It is designed to help interaction designers during their ideation phase to improve future interaction designs through visually understanding the existential themes that define a user experience. By adapting a philosophical tool called a hermeneutic circle [2] to reveal the essence [3] of an experience, visual interpretations of what users really do, think, feel, etc., can be crafted by designers. The methodology probes

“what is genuinely discoverable and potentially there, but not often seen” [4]. These visual interpretations inform a design team by facilitating a deeper (visually communicated) understanding of the micro and macro states of an experience at the same time that reveals the subconscious motivations of users when they’re engaged in an interaction. The method is structured through a set of method cards that allow for modularity and adaptation to the needs of a design team, and this paper gives an overview of the process with examples of visual interpretations. These example interpretations are visualisations of an aesthetic experience of using an unfamiliar touchscreen in a gallery setting, taken from a previous *Internal | External 2010* project.

INTERNAL | EXTERNAL 2010 PROJECT

This paper is constrained within a word count that cannot provide enough space to go into depth about *Internal | External 2010*. *Internal | External 2010* was a research project identifying evidence of an aesthetic experience [5], and took place in the University of Edinburgh’s Inspace gallery. Eleven participants were immersed within an experience of using a touchscreen in a gallery context against a time constraint. Csikszentmihalyi’s eight major components of a *phenomenology of enjoyment* [6] were used to identify the aesthetic experience. From this a “sensation of [the users] own actions” [7] was captured qualitatively as “sensory data” [8] through videoed observation, an experience probe, and two semi-structured contextual interviews. This sensory data formed the raw user research to later apply the *Circle of Visual Interpretation* methodology to.

CIRCLE OF VISUAL INTERPRETATION METHODOLOGY

Part 1: Coding Key Experiential Moments

Step 1: Building on the van Kaam coding method [9] that Moustakas adapted, [10] user research on a shared interactive experience (similar to the one a design team needs to design for) is phenomenologically examined to identify and label key moments from beginning to end of that experience. Once key moments are coded as such the visual interpretation begins.

Part 2: Visually Interpreting Core Themes

Using the method cards a visual hermeneutic circle of interpretation begins to reveal the core THEMES of a user’s experience. **Steps 2-3:** Within each experiential moment there is an *object* that forms the focus for interpreting a core THEME of that moment. Its *object* is itself defined by a specific *quality* and a *context*, which are each visually interpreted before combining them together in Step 3 to construct a single image that represents that moment (Fig. 1) as the designer understands it.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.



From left to right: Figure 1. An individual moment explained. Figure 2. One individual's experience visually interpreted. Figure 3. Clustering. Figure 4. A final visual interpretation of the structure of an experience.

Step 4: These individual visually interpreted moments of each user's experience are placed in sequential order (Fig.2) into a new image that forms a thematic storyboard of each user's visually interpreted experience. By doing so the parts that make the whole experience can be compared to show what is variable in such an experience and what doesn't vary. It is these unvarying THEMES that phenomenologically communicate the collective experience the designer needs to understand.

Part 3: Visually Interpreting Experiential Structure

As Steps 3-4 reduce several individual experiences into individual visual interpretations of an experience, **Steps 5-7** circles deeper into revealing the structures behind what was collectively experienced. **Step 5:** By identifying all non-varying THEMES from Step 4 they are clustered around common areas for the last phase of phenomenological reduction. These clustered themes are indicative of the parts that map a structuring of the whole experience. Those THEMES that are unique to only one user do not qualify and are dismissed as for being too idiosyncratic.

Step 6: Once all non-varying THEMES are clustered a new synthesised image (Fig. 3) is visually interpreted to summarise each general THEME. This reduces the each THEME beyond any one personal testimony to reveal the shared experiential structure of the whole studied experience. **Step 7:** Finally one combined sequential visual interpretation of the experiential structure is revealed (Fig. 4), providing a visual story that takes a similar form to Step 4 as a sequence of what was commonly seen, felt and done in the whole experience.

DISCUSSION AND FURTHER WORK

Using a methodology based on phenomenology can be daunting for those coming to it for the first time. Therefore the choice to disseminate the *Circle of Visual Interpretation* methodology as method cards follows an industry precedent [11] as a model that all types of interaction or user experience designers would be familiar with. Underpinning the cards is a strong theoretical ground that can be summarised as *hermeneutic-semiosis*, as it synthesises hermeneutic phenomenology with Peircean semiosis in order to visually interpret experiences. The methodology is modular and the cards offer a way for designers to use some of or all of the methodology as desired, depending upon confidence levels, experience and specific user research.

The methodology is a discursive and immersive existential dialogue between designer and the potential user, one that creates a visual language through *hermeneutic-semiosis* to explain user motivations that emerge from the designer's own phenomenological enquiry into the user research. The method

cards are not commercially available and as the methodology is used or workshopped at conferences then the pack of method cards are iteratively updated. The methodology has previously been workshopped with interaction designers, with them taking a pack of method cards back to their own organisations to apply the method in their own projects. As designers engage in applying the methodology in their own ideation phases, feedback from their findings will iteratively develop the method cards into a more streamlined process.

ACKNOWLEDGEMENTS

In referencing the Internal | External 2010 project in this paper the author thanks Kate Ho from Interface 3, New Media Scotland and Mark Daniels for their support in making the research project possible to run at Inspace. In developing the methodology thanks also is extended to the Interaction Design Association (IXD).

REFERENCES

- [1] PEIRCE, C.S. (1931-33) The Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vols. 1-4. Cambridge: Harvard University Press.
- [2] HEIDEGGER, M. (2013 [1929]) Being and Time. Oxford: Blackwell Publishing.
- [3] van MANEN, M. (1990) Researching Lived Experience: Human Science for an Action Sensitive Pedagogy. Ontario: The Athlone Press. p78.
- [4] IHDE, D. (2012) Experimental Phenomenology. Albany: State University of New York Press. p13.
- [5] DEWEY, J. (1980) Art as Experience. NY: Perigee Books
- [6] CSIKSZENTIMHALYI, M. (1990) Flow: The Psychology of Optimal Experience. New York: Harper.
- [7] McCARTHY, J. and WRIGHT, P. (2004) *Technology as Experience*. Massachusetts: The MIT Press. p85.
- [8] KOLKO, J. (2010) Thoughts on Interaction Design. Burlington: Morgan Kaufmann. p41.
- [9] van KAAM, A.L., (1959) Phenomenal Analysis: Exemplified by a Study of the Experience of "Really Feeling Understood", *Journal of Individual Psychology*, **15**(1) pp66-72, and van KAAM, A.L., (1969) *Existential Foundations of Psychology*. Image Books.
- [10] MOUSTAKAS, C. *Phenomenological Research Methods*. Sage Publications, 1994.
- [11] IDEO. (2003) *IDEO Method Cards*. William Stout