



Interaccion 2012

Actas del
XIII Congreso Internacional
Interacción Persona-Ordenador
(INTERACCIÓN'12)

3-5 Octubre, 2012

Elche, España

<http://interaccion2012.umh.es>

Editores: Antonio Peñalver, Federico Botella, José
A. Gallud, María Lozano, Abdulfattah Mashat



Actas del XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2012)

ISBN: 978-84-695-4477-8

Editores

Antonio Peñalver, Universidad Miguel Hernández de Elche
Federico Botella, Universidad Miguel Hernández de Elche
José A. Gallud, Universidad de Castilla-La Mancha
María Lozano, Universidad de Castilla-La Mancha
Abdulfattah Mashat, King Abdulaziz University

Promotor



Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO)
www.aipo.es

Organizadores



Universidad Miguel Hernández de Elche
www.umh.es



Instituto Universitario
"Centro de Investigación Operativa"
cio.umh.es



Universidad Castilla La-Mancha
www.uclm.es



King Abdulaziz University
www.kau.edu.sa

Colaboradores



Ministerio de Economía y Competitividad
Gobierno de España
www.mineco.gob.es



The Interaction Design Foundation
www.interaction-design.org



Oficina de Turismo de Elche
www.visitelche.com



Parque Científico y Empresarial de la
Universidad Miguel Hernández de Elche
www.parquecientificoumh.es

Actas del XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2012)

Editores: Antonio Peñalver, Federico Botella, José A. Gallud, María Lozano y Abdulfattah Mashat

ISBN-10: 84-695-4477-2

ISBN-13: 978-84-695-4477-8

N. Registro: 201269969

Centro de Investigación Operativa. Universidad Miguel Hernández, Elche, 2012

Edición: 1ª

Impresión: 1ª

Nº de páginas: 385

Formato: 21 x 29.7

Materia CDU: 004 Ciencia y Tecnología de los ordenadores. Informática

No está permitida la reproducción parcial o total del contenido de esta publicación por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin el permiso previo y por escrito de las personas titulares del copyright.

Actas del XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2012)

Derechos reservados ©2012 respecto a la primera edición en español, por LOS AUTORES

Publicado por:

Centro de Investigación Operativa. Universidad Miguel Hernández

<http://interaccion2012.umh.es>



Presidente del Congreso

Federico Botella, Universidad Miguel Hernández de Elche

Comité de Programa

Presidentes

María Lozano, Universidad de Castilla-La Mancha
José A. Gallud, Universidad de Castilla-La Mancha
Federico Botella, Universidad Miguel Hernández de Elche
Antonio Peñalver, Universidad Miguel Hernández de Elche
Abdulfattah Mashat, King Abdulaziz University

Miembros

Julio Abascal, Universidad País Vasco, España
Rocío Abascal-Mena, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico
Silvia Abrahao, Universidad Politécnica de Valencia, España
Raúl Antonio Aguilar Vera, Universidad Autónoma de Yucatán, Mexico
Xavier Alamán, Universidad Autónoma de Madrid, España
Ibrahim Albedawi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia
Jorge Arroyo Palacios, Event Lab, España
Sandra Baldassarri, Universidad de Zaragoza, España
Marcos Borges, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brazil
Crescencio Bravo, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Eduardo H. Calvillo Gámez, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, Mexico
Edgar Antonio Cambranes-Martínez, Universidad Autónoma de Yucatán, Mexico
José Cañas, Universidad de Granada, España
Luis A. Castro, CICESE Research Center, Mexico
Eva Cerezo, Universidad de Zaragoza, España
Cesar Alberto Collazos, University of Cauca, Colombia
Lisa Cowan, UCSD, USA
Anna Cox, UCL, UK
Jose Creissac Campos, Universidade do Minho, Portugal
Antonella De Angeli, University of Trento, Italy
Clarisse de Souza, PUC-Rio, Brazil
Marta Sylvia Del Río, Universidad de Monterrey, Mexico
Antonio Díaz, Universidad de Málaga, España
Alan Dix, University of Lancaster, UK
Jesús Favela, CICESE Research Center, Mexico
Xavier Ferré, Universidad Politécnica de Madrid, España
Lucia Filgueiras, Escola Politecnica, University of Sao Paulo, Brazil
Dominic Furniss, UCL, UK
Nestor Garay, Universidad del País Vasco, España
Xabiel García, Universidad de Oviedo, España
Francisco García, Universidad de Salamanca, España
Roberto García, Universitat de Lleida, España
José Luis Garrido, Universidad de Granada, España
Rosa M. Gil, Universitat de Lleida, España
Alex Sandro Gomes, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil
Pascual Gonzalez, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Victor M. González, ITAM, Mexico
José Mariano González, Universidad de Sevilla, España
Toni Granollers, Universidad de Lleida, España
Jan Gulliksen, Royal Institute of Technology, Sweden
Francisco Gutiérrez, Universidad de Granada, España
Luis Guerrero, Universidad de Chile, Chile
Valeria Herzovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
Andrew Howes, University of Birmingham, UK
Fco. Javier Jaén, Universidad Politécnica de Valencia, España
Carlos R. Jaimez González, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico
Pedro M. Latorre, Universidad de Zaragoza, España
Jair C. Leite, Universidad Federal de Río Grande del Norte, Brazil
Bárbara Leporini, Italian National Research Council (CNR), Italy
Juan Miguel López, Universidad del País Vasco, España
Victor M. López Jaquero, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Erick Lopez-Ornelas, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico
José A. Macías, Universidad Autónoma de Madrid, España
Mari-Carmen Marcos, Universidad Pompeu Fabra, España
Oscar Mayora Ibarra, CREATE-NET, Italy
Pedro J. Molina, Icinetic, España
Francisco Montero, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Leonel Morales-Díaz, Universidad Rafael Landívar, Guatemala
Roberto Moriyón, Universidad Autónoma de Madrid, España
Jaime Muñoz Arteaga, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico
David Nguyen, Nokia, USA
Marta Oliva, Universitat de Lleida, España
Philippe Palanque, Universidad Paul Sabatier, France
José Ignacio Panach, Universidad de Valencia, España
Óscar Pastor, Universidad Politécnica de Valencia, España
Pere Ponsa, Universitat Politècnica de Catalunya, España
Miguel Angel Redondo, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Angel Puerta, RedWhale Software, USA
Arcadio Reyes, Universidad de Málaga, España
Mireia Ribera, Universitat de Barcelona, España
Cuauhtemoc Rivera Loaiza, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mexico
Juan José Rodríguez, Bankinter, España
Gustavo Rossi, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
Cristian Rusu, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
Alfredo Sánchez, UDLA, Mexico
Albrecht Schmidt, University Duisburg-Essen, Germany
Montserrat Sendín, Universitat de Lleida, España
Ricardo Sosa, ITESM, Mexico
Christian Sturm, Hewlett Packard, España
Mónica Tentori, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico
Jean Vanderdonckt, Université Catholique de Louvain, Belgium
Angel Velázquez, Universidad Rey Juan Carlos, España
Aurora Vizcaino Barceló, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Marco Winckler, Université Paul Sabatier, France
Joaquín Sergio Zepeda, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico

Comité Organizador

Presidentes

Jose J. López, Universidad Miguel Hernández de Elche
Victor Penichet, Universidad de Castilla-La Mancha
Daniyal M. Algazzawi, King Abdulaziz University

Miembros

Alejandro Bia, Universidad Miguel Hernández de Elche
Enrique Lazcorreta, Universidad Miguel Hernández de Elche
Eloy Alarcón, Universidad Miguel Hernández de Elche
Ricardo Tesoriero, Universidad de Castilla-La Mancha
Habib M. Fardoun, King Abdulaziz University

PRESENTACIÓN

Este libro recoge los trabajos aceptados en el XIII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador “Interacción 2012” celebrado del 3 al 5 de octubre de 2012 en la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Interacción 2012 es un congreso internacional promovido desde la Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO) que tiene como principal objetivo fomentar y difundir los avances recientes en el área de la Interacción Persona-Ordenador. Este congreso pretende establecer un foro de discusión e intercambio de ideas sobre diseño y aplicación de técnicas y metodologías con un enfoque multidisciplinar.

La Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (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) y Lisboa (junto a INTERACT 2011).

En 2012 se ha organizado la primera conferencia conjunta entre la comunidad IPO de España y la comunidad HCI de México, celebrándose el congreso Interacción 2012 en la sede de la Universidad Miguel Hernández (UMH), Elche, España y el congreso MexIHC 2012 en la sede del Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), México, D.F. Ambos congresos se celebrarán de forma conjunta en el tiempo, manteniendo sus propias identidades, para unir esfuerzos y establecer lazos de colaboración entre ambas comunidades.

Este libro de actas refleja la evolución de la investigación y los desarrollos en IPO, a través de trabajos de cooperación entre universidades y aportaciones de empresas del sector. En esta edición se recibieron un total de 81 contribuciones de las cuales se seleccionaron 29 artículos largos, 24 artículos cortos y 4 posters/experiencias. A ellos se les añaden las dos conferencias invitadas al congreso a cargo de los profesores Jan Gulliksen (Royal Institute of Technology, Sweden) y Marco Winckler (Université Paul Sabatier, France), a los que debemos agradecer su colaboración.

Cabe destacar que este año por primera vez se publicarán los artículos largos y cortos recibidos en inglés en el volumen *Proceedings of the 13th International Conference on Interaction Persona-Ordenador* publicado por la Association for Computer Machinery (ACM), donde se publicarán 12 artículos largos (de 58 artículos largos recibidos), 9 artículos cortos (de 20 artículos cortos recibidos) y 32 extended abstract, de los artículos largos y cortos recibidos en español. Esperamos que esta iniciativa prosiga y que aumente la publicación de artículos largos en inglés en este congreso.

Los temas tratados en los artículos que se presentan aquí muestran una disciplina que evoluciona con el avance tecnológico que estamos viviendo en los últimos años y que queda reflejado en las secciones de este libro de estas: Desarrollo de Interaces de Usuario (UI) y de Interfaces Usuario Distribuidas (DUI), Evaluación de Sistemas Interactivos, Sistemas Adaptativos, IPO y Salud, Sistemas Colaborativos, Redes Sociales, Realidad Virtual y Aumentada, Accesibilidad y Factores Humanos.

Por último, queremos agradecer la confianza depositada en las Universidades organizadoras de esta edición del congreso desde la Asociación AIPO, en especial en la UMH como sede del congreso. Nuestro agradecimiento a todos los miembros del Comité de Programa por su dedicación y trabajo realizado de revisión y evaluación de todos los trabajos asignados y en tiempo establecido. También agradecer a todos autores por su esfuerzo y felicitar a los autores de las ponencias aceptadas por su dedicación cuyos trabajos se reflejan en estas actas. Así mismo agradecer a todas las personas que desde España (Interacción) y desde México (MexIHC) han hecho posible que este año se celebre este congreso en este formato. Agradecer a todas las personas que han hecho posible la celebración de este congreso tanto de la UMH, del CIO, de la UCLM, de la KAU, del Ayuntamiento de Elche, así como del Parque Científico-Empresarial de la UMH, en especial a su Gerente, que nos facilitó sus instalaciones para celebrar este congreso.

Finalmente, nos gustaría expresar nuestro recuerdo al Dr. D. Jesús Lorés Vidal, uno de los fundadores y promotores de AIPO y de este congreso que se ha venido organizando durante estos 13 años y esperamos se organice durante al menos otros trece años más. Como es tradición en este congreso, este año se hará entrega del Premio Jesús Lorés al mejor artículo publicado en INTERACCION'12. Como novedad este año, se hará entrega también de un diploma de Mención Honorífica a otros tres mejores artículos seleccionados por el Comité de Programa.

Octubre de 2012

Antonio Peñalver, Universidad Miguel Hernández de Elche
Federico Botella, Universidad Miguel Hernández de Elche
Jose A. Gallud, Universidad de Castilla-La Mancha
María Lozano, Universidad de Castilla-La Mancha
Abdulfattah Mashat, King Abdulaziz University

Índice general

Conferencias invitadas	1
HCI Research in the wild: Action and research — a happy marriage? Jan Gulliksen	3
Beyond an Application Domain: Web Engineering as a Research Perspective for Human-Computer Interaction Marco Winckler	5
Desarrollo de Interfaces de Usuario (UI) e Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI)	7
Elicitación de Requisitos de Usabilidad: Un Estudio Sistemático Yeshica Isela Ormeño Ayala, Jose Ignacio Panach Navarrete y Óscar Pastor López	9
Desarrollo de Aplicaciones Centradas en el Usuario Final José Antonio Macías Iglesias	17
Combining InterMod Agile Methodology with Usability Engineering in a Mobile Application Development Begoña Losada, Maite Urretavizcaya, Juan Miguel López e Isabel Fernández de Castro	25
Schema Driven Distributed User Interface Generation Antonio Peñalver, José Juan López Espín, Federico Botella, José Antonio Gallud y Enrique Lazcorreta	33
Interacción y Colaboración Soportada por Interfaces de Usuario Distribuidas: de GUIs a DUIS Elena de La Guía, María Dolores Lozano y Víctor M. Penichet	41
Modelado de la interacción en espacios interactivos heterogéneos Ricardo Tesoriero, José Antonio Gallud, Pedro González Villanueva y Gabriel Sebastian	49

Evaluación de Sistemas Interactivos **53**

Repositorio Abierto de Heurísticas
Lucia Masip, Marta Oliva y Toni Granollers 55

BALORES: Principios y Métricas para la Evaluación Cuantitativa de Interfaces Gráficas de Usuario
Salvador González López, Francisco Montero y Pascual González . . . 63

SWET-QUM: A Quality in Use Extension Model for Semantic Web Exploration Tool
Jose Luis Gonzalez Sanchez, Roberto García González, Josep Maria Brunetti Fernández, Rosa Gil y Juan Manuel Gimeno Illa 71

Método de Análisis y Aplicación de la Gamificación
Andrés Francisco Aparicio, Francisco Luis Gutiérrez Vela, José Luis González Sánchez y José Luis Isla Montes 79

Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos. El caso particular de los Niños
Natalia Padilla Zea, José Luís González Sánchez, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Ana Abad Arranz y José Rafael López Arco 87

Towards the Validation of a Method for Quantitative Mobile Usability Testing Based on Desktop Eyetracking
Cira Cuadrat Seix, Montserrat Sendín Veloso y Juan José Rodríguez Soler 95

Sistemas Adaptativos **103**

Mecanismos de Adaptación basados en Propiedades de Calidad: Un Caso de Estudio de un Servicio de Localización
Tomás Ruiz-López, Carlos Rodríguez-Domínguez, Manuel Noguera, María José Rodríguez Fórtiz y José Luis Garrido 105

Directrices de Usabilidad Relacionadas con la Facilidad de Aprendizaje y de Uso para el Diseño de Aplicaciones de Televisión Digital Interactiva, Considerando Perfiles de Usuario
Nelcy Rocío Narváez Vivas, Diana Hurtado, Andrés Solano, Cesar A. Collazos y Jose Arciniegas 113

An Intelligent eTutor-Student Adaptive Interaction Framework
Shehab Gamalel-Din 121

Long-distance Runner Training System for Smartphones
Samuel Sandru, Miguel J. Hornos y María L. Rodríguez 129

Análisis Eficiente de Transacciones para la Mejora de Recomendaciones Web
Enrique Lazcorreta, Federico Botella y Antonio Fernández-Caballero . 133

HABITAT: Una Herramienta para el Soporte de Actividades Interactivas Útiles en el Tratamiento del Daño Cerebral Francisco Javier Navarro Alarcón, Elena Navarro y Francisco Montero	139
Use of the Wii Balance Board System in Vestibular Rehabilitation Sergio Albiol Pérez, José-Antonio Gil-Gómez, Mariano Alcañiz, Roberto Lloréns y Carolina Colomer	147
Plataforma Virtual de Apoyo al Envejecimiento Activo Carlos Rodríguez-Domínguez, Alfonso Caracuel, Sandra Santiago Ramajo, María José Rodríguez-Fórtiz, María Visitación Hurtado y Álvaro Fernández-López	151
Interacción en Movimiento para la Detección de Caídas y Desmayos Juan Enrique Garrido Navarro, Victor M. R. Penichet, Maria-Dolores Lozano y José Antonio Fernández Valls	159
Evaluation of the Sense of Presence and Immersion in Virtual Rehabilitation: Influence of User Movement Feedback Sergio Albiol Pérez, José-Antonio Gil-Gómez, Mariano Alcañiz y Habib Moussa Fardoun	167
KAU e-Health Mobile System Habib M. Fardoun, Antonio Paules Ciprés, Daniyal Alghazzawi y Mouath Oadah	171
Hacia una Interfaz Unificada en el Ámbito de las Tecnologías Asistenciales José Alberto Fuentes, Miguel Oliver y Antonio Fernández-Caballero	177

Sistemas Colaborativos

181

Un Marco para el Diseño del Soporte al Awareness en Situaciones Colaborativas de Interacción Implícita Jesús Gallardo Casero, Ana Isabel Molina Díaz y Crescencio Bravo	183
Bridging the Communication Gap: A User Task Vocabulary for Multidisciplinary Web Development Team Sara Tena, David Díez, Paloma Díaz y Ignacio Aedo	191
Mecca Access and Security Control System Habib M. Fardoun, Abdulfattah Mashat y Antonio Paules Ciprés	199
A Platform Supporting the Development of Applications in Ubiquitous Systems: The Collaborative Application Example of Mobile Forensics Carlos Rodríguez-Domínguez, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido y Aurora Valenzuela Garach	207
Un Marco de Trabajo para el Desarrollo de Sistemas Colaborativos Organizacionales Sergio López Antonaya, Crescencio Bravo Santos y Jesús Gallardo Casero	215

Interactive Case-based Learning in Teaching Decision Support Systems and Business Intelligence Salma Mahgoub y Farrukh Nadeem	223
--	-----

Redes Sociales **227**

Integrating multisource User Data to enhance Privacy in Social Interaction Mohamed Bourimi, Simon Scerri, Keith Cortis, Ismael Rivera, Marcel Heupel y Simon Thiel	229
Guidelines for Designing Graphical User Interfaces of Mobile E-Health Communities Ricardo Mendoza-González, Francisco Álvarez, Jaime Muñoz-Arteaga y Alfredo Mendoza-González	237
Análisis de la Interacción en un Entorno CSCL Basado en Tecnologías Social Media Iván Claros y Ruth Cobos	241
Active Citizenship: A System to Inform About Problems to the Local Entities Habib M. Fardoun, Abdulrahman H. Altalhi y Sebastián Romero López	245

Realidad Virtual y Aumentada **251**

Interacción 3D en Entornos de Realidad Aumentada Utilizando Dispositivos Móviles Multitáctil: Efectos del Tamaño de Marcador y Dispositivo Asier Marzo, Benoît Bossavit y Óscar Ardaiz	253
Técnicas de Interacción Natural usando Kinect Jaime Chapinal Cervantes, Francisco Luis Gutiérrez Vela y Patricia Paderewski Rodríguez	261
Modelado de Controles Tangibles para Juegos con ToyVision Javier Marco, Eva Cerezo y Sandra Baldassarri	269
Propuesta y Evaluación de Modelos de Control con y sin Posición para Juegos FPS Inmersivos Andrés Olivas Velasco, Arturo García Jiménez, José Pascual Molina, Jonatan Martínez Muñoz, Diego Martínez Plasencia y Pascual González	277
Generador de Herramientas para Laboratorio de Interacción Ernesto de La Rubia y Antonio Díaz-Estrella	285
A VRPN Server for Haptic Devices Using OpenHaptics 3.0 Maria Cuevas-Rodríguez, Matthieu Poyade, Arcadio Reyes-Lecuona y Luis Molina-Tanco	289
De la realidad aumentada a la realidad mixta: opciones tecnológicas Hector Olmedo Rodríguez y Jorge Augusto Moreno	293

Accesibilidad

297

- Where Should I Go? Guiding Users with Cognitive Limitations through Mobile Devices Outdoors
Alberto G. García de Marina, Rosa M. Carro y Pablo Alfonso Haya . 299
- Acceso Web para Personas con Discapacidad Visual: Solución INCLUSITE®
Sebastián I. Márquez, Frank Moreno, Javier Coret, Esteban Jiménez, Francisco Alcantud y Ignacio Guarinos 307
- Percepción de Errores de Accesibilidad para Sensibilizar a Usuarios Web 2.0
Afra Pascual, Mireia Ribera y Toni Granollers 311
- Análisis de Publicaciones sobre Usabilidad de la Web para Personas con Discapacidad Cognitiva de 2002 a 2011
Esteban Jiménez, Sebastián Márquez, Frank Moreno, Javier Coret y Francisco Alcantud 315
- Revisión de los Requisitos de Accesibilidad en la Interacción de los Usuarios Ancianos con las Aplicaciones Web
Lourdes Moreno López y Paloma Martínez Fernández 319
- Evaluación de la experiencia de Navegación Web en Personas con Discapacidad Cognitiva
Frank Moreno, Javier Coret, Esteban Jiménez, Sebastián Márquez y Francisco Alcantud 323

Factores Humanos

327

- El Libro Científico Electrónico. Arquitectura de la Información y Puntos de Referencia
Carolina Navarro-Molina, Antonio Vidal-Infer, Juan-Miguel López-Gil, Juan-Carlos Valderrama-Zurián y Rafael Aleixandre Benavent . . 329
- A Study of the Human-System Interface Complexity Sources in Wastewater Treatment Plants
Pere Ponsa, Álex Pérez, Javier Gámiz, Cristina Manresa-Yee y Ramón Vilanova 333
- Proyecto NeuroGame: Neuro-Evaluación Multimodal de Videojuegos
Antonio Loscertales, Eva Cerezo, Marco Creatura, José Luis González, Javier Mínguez, Rosa Gil, Sandra Baldassarri y Yolanda López 337
- Emotion Recognition in Texts for User Model Augmenting
Linda Barros, Pilar Rodríguez y Álvaro Ortigosa 345
- The Digital Humanities Workbench
Alejandro Bia 351

Propuesta de un Modelo de Eventos Distribuido para el Desarrollo de Sistemas de Búsqueda Colaborativa Juan M. Fernández-Luna, Juan F. Huete, Humberto Rodríguez-Ávila y Julio Rodríguez-Cano	355
Experiencias y Pósters	359
Realidad aumentada en las bibliotecas de Barcelona Rosa Molina, Mireia Ribera	361
Diseño y evaluación de interfaces para la tercera edad Antonio L. Carrillo León, Santiago Martínez, Ken Scott-Brown y Juan Falgueras Cano	363
TabletNet: Utility, Usability and User Interface Quality Habib M. Fardoun, Daniyal Alghazzawi y Antonio Paules Ciprés . . .	365
Propuesta de optimización de los agentes pedagógicos virtuales inteligentes mediante la interpretación emocional Angela Villareal, Andrés Felipe Aguirre Aguirre, Cesar A. Collazos y Yenny Méndez	367
Índice de autores	369

Conferencias invitadas

HCI Research in the wild: Action and research – a happy marriage?

Jan Gulliksen

Royal Institute of Technology, Sweden

ABSTRACT

When conducting research in real life settings it is not uncommon that things do not turn out as planned or expected. But, that is not wrong, it is a natural part of all research conducted in and on practice. This talk will introduce a methodological framework for the study of practice called Action Research and discuss what effect an action research approach may have on the selection of research problems, on the selection of methods and subsequently on the progress of the entire research career. Action research brings together theory and practice in action and reflection with the purpose of dealing with real and actual practical problems in a collaborative fashion to achieve worthwhile purposes.

Short Bio

Jan Gulliksen is a Professor of Human Computer Interaction and Dean of the School of Computer Science and Communication at the Royal Institute of Technology – KTH in Stockholm, Sweden. He holds a M.Sc. in Engineering Physics and a PhD in Systems Analysis and was previously a Professor at Uppsala University. Jan has conducted a number of Action Research projects with Swedish public authorities with the purpose of introducing more user-centered design methodologies and was a founder of the NordiCHI conference series. He has been involved in writing ISO standards on Usability, Accessibility and Human-Centered Design and is the current Chair of IFIP TC 13, Human Computer Interaction. Jan has authored more than 100 publications and has been active as a consultant in industry.

Beyond an Application Domain: Web Engineering as a Research Perspective for Human-Computer Interaction

Marco Winckler

Université Paul Sabatier, France

ABSTRACT

The World Wide Web (or simply the Web) started in 90's as a simple hypertext-based user interface for supporting cross-platform information dissemination among specialized users at the CERN. Two decades later, the Web barely recalls us its early days. Currently the Web is commonplace, its user interface is highly interactive, and it supports a large range of applications, users and devices. Indeed, the growth of the Web had a significant impact on business, banking and finance, commerce and industry, education, government and entertainment sectors, as well as on our daily lives. One of the most interesting facets of the evolution of the Web is the increasing tool support for allowing users to accomplish their tasks. At first, users could only browse through contents provided by static Web sites. Nowadays, users can actively contribute with content by using tools (e.g. Content Management Systems and wikis) embedded into these sites. More recently, tools built under the concept of Web augmentations extend what users can do with Web content. For example, using visual Mashups, users can compose content hosted by different Web sites and they can define and run specialized scripts to change third part Web applications by adding content and/or controls. Based on illustrative Web applications we trace back the history, the evolution of Web technology and the underlying process that lead to the convergence of the development around the Web platform. Our aim is to discuss that beyond of being perceived as a particular application domain, the development of Web applications challenges the research on Human-Computer Interaction.

Short Bio

Marco Winckler is assistant professor in Computer Sciences at Université Paul Sabatier (Toulouse, France) where he is involved in education at Undergraduate and Graduate levels. He obtained a PhD degree in Informatics (2004) from Université of Toulouse 1 Capitole (Toulouse, France) and a Master's degree in Computer Science (1999) from the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brazil). From 2006-2007 he was visiting scholar at the Université catholique de Louvain (Louvain-la-Neuve, Belgium). Marco Winckler is member of the Interactive Critical System (ICS) research team where he investigates models, methods, techniques and tools to support the development of reliable, usable and effective interactive systems. His research combines topics of Engineering Interactive Systems, Human-Computer Interaction and Web Engineering. He has been involved in many National and European projects in these fields and published more than

60 refereed scientific papers in journals, international conferences and books. Among his academic duties, he is responsible for the internship program of the Master Program on Human Computer Interaction (<http://www.masterihm.fr>) held by the Université Paul Sabatier and the Ecole Nationale d'Aviation Civil (ENAC). He also serves as vice-chair for the IFIP working group 13.2 on Methodologies for User-Centered Systems Design and expert member at the IFIP TC 13 on Human-Computer Interaction. Further information on the web site: <http://www.irit.fr/~Marco.Winckler>

Desarrollo de Interfaces de Usuario (UI) e Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI)

ELICITACIÓN DE REQUISITOS DE USABILIDAD: UN ESTUDIO SISTEMÁTICO

Yeshica Isela Ormeño

Centro de Investigación en Métodos
de Producción de Software ProS
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n, 46022
Valencia, Spain
yormeno@pros.upv.es

Jose Ignacio Panach

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria,
Departament d'Informàtica
Av. de la Universitat, s/n 46100
Burjassot,
Valencia, Spain
joigpana@uv.es

Óscar Pastor

Centro de Investigación en Métodos
de Producción de Software ProS
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n, 46022
Valencia, Spain
opastor@pros.upv.es

RESUMEN

Tanto la comunidad de Ingeniería del Software (IS) como la de Interacción Persona Ordenador (IPO) coinciden en que la usabilidad es un factor clave para desarrollar un producto de calidad. Sin embargo, son pocos los trabajos existentes en ambas comunidades que tratan la elicitación de requisitos de usabilidad desde las primeras etapas del desarrollo software. En general, la IS ha desarrollado métodos para elicitar requisitos funcionales en las primeras etapas, pero coloca en un segundo plano a la usabilidad. Por lo tanto, existe un vacío en cuanto a la elicitación de requisitos de usabilidad desde las fases de desarrollo tempranas. Un ejemplo de este problema surge si nos centramos en el paradigma de desarrollo dirigido por modelos, donde existen gran variedad de modelos para elicitar los requisitos funcionales pero no hay propuestas ampliamente utilizadas para la elicitación de requisitos de usabilidad. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio sistemático sobre las propuestas existentes para la elicitación de requisitos de usabilidad. El estudio nos permite analizar los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad existentes e identificar los puntos fuertes de cada uno. En este trabajo realizamos un exhaustivo estudio sistemático según las reconocidas guías de revisiones sistemáticas.

Categorías y Descriptores de temas

D.2.1 [Ingeniería del Software]: Requisitos/Especificaciones – *métodos de elicitación, metodologías*. H.5.2. [Interfaces de usuario]: Metodología – *guías de estilo*.

Términos Generales

Gestión, Diseño.

Palabras claves

Usabilidad, elicitación de requisitos, requisitos no funcionales, guía, notación, métodos, herramientas.

1. INTRODUCCION

La comunidad IPO y la comunidad de IS tienen su propia definición de la usabilidad. La ISO 9126-1 [23] está más orientada hacia la comunidad IS, mientras que la ISO 9241-11 [24] se orienta a la comunidad IPO. En ambas comunidades, la usabilidad generalmente es considerada en etapas finales del proceso de desarrollo de software, cuando las interfaces ya están diseñadas. De acuerdo con Bass [4] y Folmer [19], la inclusión de las características de usabilidad en esta etapa podrían afectar la

arquitectura del sistema provocando un mayor esfuerzo por parte del analista. Con el fin de minimizar este problema [4],[19] se ha propuesto incluir la usabilidad en la fase de captura de requisitos.

En este contexto, existen métodos para la elicitación de requisitos desde las etapas iniciales del desarrollo, tales como RUP o i* [47], pero éstos se centran principalmente en los requisitos funcionales dejando de lado a los Requisitos No Funcionales (NFR) [11]. Sin embargo, para desarrollar sistemas de calidad, no es suficiente cumplir sólo con los requisitos funcionales sino que también se debe considerar la usabilidad [44]. En este trabajo, nos proponemos identificar los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad existentes y realizar un exhaustivo análisis de ellos. Para lograr este objetivo, se realiza un estudio sistemático de acuerdo a los trabajos realizados por Petersen y Kitchenham [28],[38]. Un estudio sistemático es un procedimiento objetivo para determinar la naturaleza y el alcance de la investigación e identificar los vacíos existentes en la investigación actual.

Nos centramos especialmente en el Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD), paradigma de desarrollo software utilizado en la comunidad de la IS [32]. MDD pretende desarrollar un software por medio de un modelo conceptual que representa el sistema a desarrollar de forma abstracta. Este modelo conceptual es la entrada a un compilador de modelos que genera el código que implementa el sistema. Por lo tanto, los analistas sólo deben centrar sus esfuerzos en la construcción del modelo conceptual, dejando la generación de código a transformaciones automáticas o semiautomáticas (dependiendo de la capacidad del compilador de modelos).

En la actualidad, existen métodos que apoyan el paradigma MDD, como OO-Method [37], WebRatio [1], OOHDM [13], UWE [29], entre otros. Sin embargo, ninguno de estos métodos hace frente a la usabilidad. Los métodos existentes de MDD tratan de optimizar la usabilidad una vez que los modelos que representan los requisitos funcionales se han definido y el código ha sido generado. En esta etapa, si el analista quiere mejorar la usabilidad del sistema, sólo puede modificar el código generado de forma manual. Esta forma de trabajar es opuesta al paradigma MDD, donde los modelos en sí deben representar todas las propiedades que debe tener el código. Además, algunos cambios en esta etapa pueden afectar la arquitectura del sistema e implicaría su rediseño, incrementado los tiempos de desarrollo [4],[19]. En base a todo esto, es necesario dedicar más esfuerzos a realizar una elicitación de requisitos de usabilidad desde las primeras etapas del desarrollo, tal y como la IS ya realiza actualmente con los requisitos funcionales. Nuestra meta a largo plazo se puede dividir en dos objetivos: (1) mejorar las

prácticas actuales de elicitación de requisitos de usabilidad, (2) enriquecer los actuales métodos MDD para soportar la elicitación de requisitos de usabilidad. El estudio sistemático nos ayudará a identificar las ventajas y desventajas de cada método existente para la elicitación de requisitos de usabilidad. Es importante resaltar que el estudio sistemático no es exclusivo para MDD, sino que analiza en detalle los requisitos de usabilidad en MDD sin excluir otros métodos de desarrollo.

El documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 revisa el estado de arte sobre la elicitación de requisitos. La sección 3 describe el proceso del diseño del estudio sistemático. La sección 4 expone los resultados encontrados. La sección 5 muestra las limitaciones encontradas y sus implicaciones. Finalmente la sección 6 muestra las conclusiones de este trabajo.

2. ESTADO DEL ARTE

La usabilidad ha sido estudiada en varias revisiones y estudios sistemáticos. Las revisiones y estudios sistemáticos proporcionan un procedimiento objetivo para identificar toda la información disponible en base a una pregunta de investigación [5],[28]. A continuación, resumimos algunas de las revisiones y estudios existentes en el área de la usabilidad y elicitación de requisitos.

En primer lugar, nos centramos en el estudio de técnicas de elicitación relacionadas con la usabilidad en la fase de la elicitación de requisitos. En este ámbito, cabe mencionar los trabajos de Dieste y Carrizo. El trabajo de Dieste [14] actualiza una revisión sistemática sobre las buenas prácticas en la selección de técnicas de elicitación de requisitos. Carrizo [7] presenta un marco que identifica cuál es la técnica de elicitación que mejor responde a ciertas características de proyectos. En segundo lugar, nos centramos en las revisiones sistemáticas y el estado de arte de los NFRs, debido a que algunos autores como Chung [12], Svensson [44], Nguyen [33], Sindgatta [40], Yi [46], y Ameller [3] consideran a la usabilidad como un NFR. Entre los trabajos más relevantes está el estado de arte realizado por Chung [11], que explora conceptos de sub-objetivos y los clasifica en seis áreas: desarrollo de la variabilidad de software, análisis de requisitos, elicitación de requisitos, reusabilidad de requisitos, trazabilidad de requisitos y desarrollo orientado a aspectos. En cuanto a las revisiones sistemáticas cabe mencionar los trabajos de Mehwish [31] y Svensson [45]. Mehwish presenta los resultados de una revisión sistemática realizada para reunir evidencias sobre el software de predicción de mantenibilidad y métricas. Por su parte Svensson realizó una revisión sistemática donde identifica: elicitación de requisitos, métricas, dependencias, estimación de costos, y priorización como áreas importantes para la gestión de requisitos de calidad. En tercer lugar, se muestran varios estudios sistemáticos que contienen métodos para considerar la usabilidad en tiempo de diseño, como los trabajos de Folmer [19] y Fernández [18]. Folmer presenta un marco a nivel arquitectónico y explora la viabilidad de un enfoque de diseño que podría ser aplicado a la usabilidad. Fernández resume los conocimientos actuales con respecto a los métodos de evaluación de usabilidad (UEMS) que se han empleado para valorar las aplicaciones web.

Según el estado de arte, la mayoría de los trabajos de investigación se refieren a los siguientes temas: diseño de la usabilidad en la fase de diseño arquitectónico, integración de la evaluación de la usabilidad en fases tempranas, métodos para evaluar la usabilidad en la fase de implementación, integración de

la evaluación de la usabilidad en el proceso de desarrollo web. Sin embargo no se han encontrado revisiones sistemáticas o estudios sistemáticos centrados en la integración de la usabilidad en el sistema desde la elicitación de requisitos [4],[19]. Este tema es la motivación principal de nuestro trabajo.

Por otro lado existen algunos trabajos sobre métodos, notaciones, herramientas y guías que pretenden incorporar la usabilidad en el desarrollo software. Por ejemplo, en cuanto a los métodos se tiene: requisitos de usabilidad cuantitativos [25], diseño de interfaz de usuario multimedia [43], características de usabilidad en tecnologías de transformación del modelo [35]. En cuanto a notaciones: BPMN que representa flujos de procesos de negocio [40], constructores i^* [10], CTT (Concur Task Tree) para modelos de tareas [35]. En cuanto a guías: elicitación de las características de usabilidad funcional [27], guías de usabilidad para el diseño de interfaz usuario [39]. En cuanto a herramientas: DREAMER (Design Rationale Environment for Argumentation Modeling and Engineering Requirements) [30], NfRn (NFR Notation) [2], NDT (Navigational Development Techniques) [16].

En conclusión, podemos afirmar que existen muchas propuestas para incorporar requisitos de usabilidad en el proceso de desarrollo de software en etapas iniciales. Cada autor propone métodos, notaciones, guías (nuevas o existentes) y herramientas de soporte. Esta diversidad es la que motiva la necesidad de un estudio sistemático que obtenga y compare todas las propuestas existentes para hacer frente a la usabilidad en la etapa de elicitación de requisitos. A continuación definimos el diseño.

3. DISEÑO DEL ESTUDIO SISTEMÁTICO

El estudio sistemático proporciona una visión amplia de un área de investigación sobre un tema [21]. Los trabajos de Budgen [5], Petersen [38] y Kitchenham [28] son las guías del estudio para el presente artículo. Según estos trabajos, se consideran los siguientes elementos para el estudio:

3.1 Pregunta de Investigación

Es la pregunta que dirige los estudios primarios en el proceso de búsqueda. La pregunta de investigación formulada es:

"¿Cuáles son las propuestas (métodos, notaciones, guías y herramientas) para elicitar los requisitos de usabilidad a lo largo de todo el proceso de desarrollo de software?".

La información obtenida en torno a esta pregunta permite elegir, clasificar y resumir los conocimientos con respecto a la elicitación de requisitos de usabilidad. La pregunta incluye métodos, notaciones, guías y herramientas que deben ser estudiadas. Se ha dividido la pregunta principal en seis sub preguntas, considerando que la pregunta es demasiado abstracta e implica muchos conceptos.

SQ.1: ¿Cuáles son los métodos para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta estudia los distintos procedimientos utilizados para la elicitación de los requisitos de usabilidad que puedan estar o no a la vez con otros requisitos no funcionales.

SQ.2: ¿Cuáles son los métodos para elicitar los requisitos de interacción? Esta pregunta estudia los métodos de elicitación de requisitos de interacción que estén basados en modelos. Como también la asociación entre requisitos y tareas interactivas.

SQ.3: ¿Cuáles son las guías de usabilidad utilizadas para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta identifica las guías que ayudan al analista a identificar requisitos de usabilidad.

SQ.4: ¿Cuáles son las herramientas de apoyo a la elicitación de los requisitos de usabilidad? Esta pregunta tiene como objetivo estudiar herramientas creadas como soporte al método de elicitación de requisitos de usabilidad.

SQ.5: ¿Cuáles son las notaciones para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta identifica las notaciones existentes para representar las necesidades de usabilidad de los usuarios.

SQ.6: ¿Ha sido la propuesta validada empíricamente? Esta pregunta estudia si la propuesta presentada ha sido validada en un contexto real o académico.

3.2 Estrategia de Búsqueda

En base a la pregunta investigación y las sub preguntas diseñadas se determina el proceso de selección de publicaciones, los recursos y términos de búsqueda necesarios para efectuarla. Para su aplicación dividimos esta sección en las siguientes sub secciones:

3.2.1 Pasos para la selección de publicaciones

Los pasos utilizados para obtener las publicaciones del estudio son los siguientes:

1. *Utilizar la cadena de búsqueda.* La cadena de búsqueda se aplica a las fuentes de búsqueda (sección 3.2.2) de origen. Esta búsqueda devuelve un conjunto de publicaciones que satisfacen la cadena de búsqueda en el título, resumen o palabras clave.

2. *Construir los criterios de inclusión y de exclusión.* Se formulan los *criterios de inclusión* y los *criterios de exclusión* sobre la base de la pregunta de investigación (sección 3.3).

3. *Leer el título y el resumen.* Se revisan los títulos y los resúmenes de las publicaciones devueltas mediante la cadena de búsqueda. En base a los títulos y resúmenes se aplican los criterios de inclusión y exclusión para determinar las publicaciones a incluir y excluir respectivamente. Este conjunto de publicaciones se denominan "publicaciones potenciales".

4. *Leer todas las publicaciones.* Se lee exhaustivamente todo el contenido de las publicaciones potenciales. Durante la lectura se debe de responder a las preguntas de investigación (sección 3.1). Además, los criterios de exclusión e inclusión se deben aplicar nuevamente, de forma que sólo se seleccionen publicaciones que estén en el área de interés. El resultado será otro conjunto de publicaciones que se denomina "publicaciones seleccionadas".

5. *Buscar y seleccionar las publicaciones de las referencias.* El último paso consiste en revisar las publicaciones referenciadas en las publicaciones seleccionadas. De esta forma, se identifican publicaciones relevantes que no han sido encontradas mediante la cadena de búsqueda y publicaciones que no recaen entre los años definidos en las fuentes de búsqueda (sección 3.2.2).

Cuando se completen estos 5 pasos se obtiene el total de las "publicaciones seleccionadas", integrado por las publicaciones resultantes de los pasos 4 y 5 que serán útiles a nuestro estudio.

3.2.2 Fuentes de búsqueda

Las fuentes utilizadas para el estudio se basan en las bibliotecas digitales: IEEEExplore, ACM, Link Springer y Science Direct. La principal fuente de información fue la base de datos Sciverse Scopus. Todas las publicaciones fueron buscadas según el título, resumen y palabras clave. El rango de fechas establecido es del año 2000 al año 2011. Para evitar el descarte de trabajos interesantes anteriores al año 2000 (Nielsen [34]), se revisó las publicaciones referenciadas. Si una publicación escrita con anterioridad al año 2000 no se ha referenciado en los últimos 12

años, podemos concluir que el trabajo no es relevante para la comunidad y por lo tanto, se desecha de nuestro estudio.

3.2.3 Cadena de búsqueda

En este trabajo, la cadena de búsqueda utilizada se compone de dos tipos de sub-cadenas: Requisitos de Usabilidad e Ingeniería del Software. Con la primera sub-cadena se intenta encontrar publicaciones relacionadas con la forma de elicitar los requisitos de usabilidad, y con la segunda sub-cadena los conceptos de elicitación de requisitos relacionados con la IS.

Cadena de búsqueda = (*Requisitos de Usabilidad*) AND (*Ingeniería de Software*)

Los términos que forman la cadena de búsqueda son:

Requisitos de Usabilidad = (*usability requirement OR user requirement OR usability elicitation OR interaction requirement OR non functional OR usability guidelines*)

Ingeniería del Software = (*MDD OR model driven OR MDA OR notation OR tool OR interface OR engineering OR test*)

El término "non funcional" ha sido insertado dentro del grupo de "Requisitos de Usabilidad" debido a que la usabilidad con mucha frecuencia es considerada como NFR y por tanto, podrían existir referencias a la usabilidad dentro de los trabajos basados en NFR.

3.3 Criterios de Selección

Se utilizan para determinar qué estudios se van a incluir o excluir en el estudio, a partir de los artículos obtenidos con la cadena de búsqueda. La publicación es considerada válida si la respuesta es positiva para alguno de los tres *criterios de inclusión* siguientes:

IC1=¿El trabajo define cómo extraer los requisitos de usabilidad?

IC2=¿La propuesta se aplica a un entorno basado en los modelos conceptuales (MDD)?

IC3=¿El trabajo define la forma de representar los requisitos de usabilidad?

Por otro lado, los *criterios de exclusión*, tomados en cuenta son:

EC1=Las publicaciones que estudian guías, notaciones y herramientas que no tratan la usabilidad.

EC2=Las publicaciones que solo tratan los requisitos funcionales.

EC3=Las publicaciones escritas en otro idioma diferente al Inglés.

Con el fin de evaluar la fiabilidad de la inclusión, se aplicó la medida estadística de Fleiss Kappa (nivel de concordancia) sobre 20 publicaciones potenciales seleccionadas de forma aleatoria. El valor obtenido fue de 0.63 calificado de nivel Considerable.

3.4 Evaluación de la Calidad

En base a las "publicaciones seleccionadas" obtenidas se prosigue con la evaluación de la calidad de las mismas. Por tanto se ha elaborado un cuestionario denominado Escala Likert (3) contenida en la Tabla 1, que contiene preguntas cerradas clasificadas en dos grupos: preguntas subjetivas y preguntas objetivas.

Las preguntas subjetivas tienen tres alternativas (1=Sí, 0=Parcialmente y -1=No). Las preguntas objetivas, N° 9 y N° 10 presentan estas alternativas (1= Muy importante, 0= Importante, -1= No tan importante) y (1= más de 4, 0= entre 2 y 4, -1= menos de 2) respectivamente. Para la pregunta N° 9 se considera las conferencias y las revistas. Para la clasificación objetiva de las conferencias, se utiliza el ranking CORE. La publicación es "Muy importante" si la conferencia es CORE A ó B ó si ésta es parte de un libro, "Importante" si es CORE C ó si se trata de un workshop,

“No tan importante” cuando la conferencia no está en CORE. Para las revistas, se ha utilizado la clasificación objetiva del Journal Citation Report (JCR). La publicación es “Muy importante” si la revista aparece en el JCR, “Importante” cuando está indexada en otra lista y “No tan importante” cuando no está en ningún lugar conocido. Para la pregunta Nº 10 se utiliza la herramienta Publish or Perish para conocer el número de veces que ha sido citada la publicación. Se le asigna 1 si este número es “Mayor a 4”, 0 si está “Entre 2 y 4” y -1 si es “Menos de 2”. Terminado el cuestionario se calcula la media aritmética de las respuestas individuales de cada revisor. Al final, se suman todas las medias obtenidas, el resultado es un valor entre -10 y 10. Se considera la publicación “Muy buena” si el valor es mayor o igual a 3, “Buena” si está entre -2 y 2.9 y “Mala” si es inferior a -2.

Tabla 1. Cuestionario de Escala Likert (3)

Preguntas Subjetivas	1 = Si	0 = Parcialmente	-1 = No
1. ¿El método para elicitar los requisitos de usabilidad está definido de forma clara?			
2. ¿Las guías de elicitación de requisitos son comprensibles?			
3. ¿Las guías de elicitación de requisitos son útiles en otro contexto?			
4. ¿Las herramientas que soportan a las publicaciones son descargables?			
5. ¿Existe un caso de estudio o ejemplo claro de la propuesta?			
6. ¿La propuesta está validada empíricamente?			
7. ¿Los resultados están claramente explicados?			
8. ¿La notación para la captura de requisitos es fácil de aprender?			
Preguntas Objetivas			
9. ¿La publicación está en una revista o en un acta de congreso?	1 = Muy importante	0 = Importante	-1 = No tan importante
10. ¿La publicación ha sido citada por otros autores?	1 = Más de 4	0 = Entre 2 y 4	-1 = Menos de 2

3.5 Estrategia de Extracción de Datos

Define cómo se obtiene la información requerida de cada publicación seleccionada. Tomando en cuenta las sub preguntas para nuestro estudio, se ha definido los siguientes conjuntos para agrupar las posibles respuestas en categorías que son de interés para el estudio sistemático.

SQ1: Método de elicitación de requisitos de usabilidad

- 1.1. *Si.* Cuando el método elicita requisitos de usabilidad u otros requisitos no funcionales o que contienen a la usabilidad.
- 1.2. *No.* Cuando el método no explica de forma clara como realiza la elicitación de los requisitos de usabilidad. Son métodos de elicitación de NFRs o interacción que no cubren la usabilidad.
- 1.3. *No concerniente.* Si la publicación no tiene ningún método.

SQ2: Métodos de elicitación de requisitos de interacción

- 2.1. *Si.* Cuando el método está basado en modelos.
- 2.2. *No.* Si el método no está basado en modelos.
- 2.3. *No concerniente.* Cuando no tratan métodos de interacción.

SQ3: Uso de guías de usabilidad

- 3.1. *Existentes.* Si la publicación utiliza guías existentes durante la elicitación de requisitos o en el análisis de la usabilidad.
- 3.2. *Propuestas.* Si las guías utilizadas en la publicación han sido desarrolladas por el autor.

- 3.3. *No existe.* Si no se utiliza ninguna guía conocida o creada.

SQ4: Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos

- 4.1. *Diseño de la interfaz.* Si la herramienta propuesta está orientada para una interfaz de usuario multimedia.
- 4.2. *Desarrollo de modelo.* Si la herramienta propuesta es un soporte para el desarrollo de modelos conceptuales.
- 4.3. *No Existe.* Si el método no sugiere ninguna herramienta pero sí que cabría la posibilidad de usar alguna.
- 4.4. *No concerniente.* Si las publicaciones no tratan herramientas.

Q5: Tipo de notación para la elicitación de los requisitos

- 5.1. *UML.* Si el método propuesto está basado en UML.
- 5.2. *Lenguaje Natural.* Si la elicitación de requisitos se hace por medio de: sesiones de talleres; listas de verificación; cuestionarios; heurísticos; lluvia de ideas o entrevistas.
- 5.3. *i*.* Si el método está basado en el marco i* [3],[46].
- 5.4. *CTT.* Si el método está basados en árboles de tareas.
- 5.5. *Formal.* Si el método aplica operadores lógicos o gramáticas.
- 5.6. *QOC.* Si utiliza el método *Question Option Criteria* [2].
- 5.7. *BPMN.* Si el método de elicitación utiliza esta notación [30].
- 5.8. *No concerniente.* Si las publicaciones no tratan notaciones.

Q6: Entorno de validación empírica

- 6.1. *Industrial.* Si la validación empírica de la propuesta hecha en la publicación se realiza en un contexto industrial.
- 6.2. *Académico.* Si la validación empírica de la propuesta hecha en la publicación se realiza en un contexto educativo.
- 6.3. *Ninguno.* Si no existe ninguna validación empírica.

4. RESULTADOS

A partir de la extracción de datos aplicado en la sección previa, se muestran los resultados alcanzados que giran en torno a los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad. Estos trabajos han sido publicados en conferencias, revistas, libros, workshops y otros tipos de eventos. La Tabla 2, muestra la cantidad de publicaciones potenciales y seleccionadas clasificadas por fuente de procedencia. Estos datos incluyen también a las publicaciones obtenidas por referencia. La Tabla 3 muestra la cantidad de publicaciones potenciales y seleccionadas que han sido presentadas en conferencias de nivel A, B o C según CORE. La extracción de datos de las publicaciones seleccionadas se ha realizado en base a las categorías de investigación. A su vez, cada categoría se clasifica en los distintos conjuntos descritos en la sección 3.5.

Tabla 2. Cantidad de publicaciones por fuente

Fuentes	Potenciales	Seleccionadas
Conferencias	31	14
Revistas	16	9
Libros	4	3
Workshops	4	1
Otros	10	2
Total	65	29

Tabla 3. Cantidad de publicaciones según la clasificación CORE

Niveles de las Conferencias	Potenciales	Seleccionadas
Nivel A	12	6
Nivel B	10	4
Nivel C	9	4

La Tabla 4 muestra el porcentaje de publicaciones que se han encontrado en cada uno de los conjuntos de las categorías. El número total de publicaciones seleccionadas para nuestro estudio asciende a 29. Las posibles respuestas de la categoría de investigación SQ5 no se consideran excluyentes, esto justifica que el cálculo del porcentaje supera el 100%. En el resto de casos, al ser excluyentes, la suma es el 100%.

Tabla 4. Resultados del estudio sistemático

Sub preguntas de Investigación	Posibles Respuestas	Nº	%
SQ1 Métodos de elicitación de requisitos de usabilidad	Si	7	24.14
	No	11	37.93
	No concierne	11	37.93
SQ2 Métodos de elicitación de requisitos de interacción	Si	5	17.24
	No	3	10.34
	No concierne	21	72.41
SQ3 Uso de las guías de usabilidad	Existentes	9	31.03
	Propuestas	7	24.14
	No Existe	13	44.83
SQ4 Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos	Diseño de Interfaz	5	17.24
	Desarrollo de Modelo	7	24.14
	No Existe	11	37.93
	No concierne	6	20.69
SQ5 Tipos de notación para la elicitación de los requisitos	UML	12	41.38
	Lenguaje Natural	8	27.59
	i*	8	27.59
	CTT	4	13.79
	Formal	2	6.90
	QOC	2	6.90
	BPMN	1	3.45
No concierne	5	17.24	
SQ6 Entorno de validación empírica	Industrial	3	10.34
	Académico	17	58.62
	Ninguno	9	31.03

A continuación se analizan las publicaciones que se han considerado más representativas para cada categoría de investigación.

4.1 Métodos de elicitación de requisitos de usabilidad

El 24.14% de las publicaciones presentan métodos de elicitación de NFRs que cubren el requisito de usabilidad, el 37.93% de las publicaciones no muestran la elicitación de requisitos de usabilidad y el resto de estudios que también ascienden al 37.93%, son estudios no concernientes al tema en cuestión.

A continuación se mencionan algunos de los métodos NFR encontrados. Doerr [15] presenta un método para la elicitación de requisitos utilizando sesiones de trabajo para elicitar aspectos de calidad y elicitación de los NFRs. Jokela [25] propone un método para tratar los requisitos de usabilidad cuantitativos en fase temprana (definición de atributos de usabilidad) y en la fase tardía (establecimiento de valores objetivos para los atributos). Sindhgatta [40] presenta un marco de especificaciones de casos de uso que permite la captura de usabilidad a través de asociación de pantallas interactivas mediante flujo de tareas.

En base a los trabajos estudiados, el proceso de elicitación de los NFRs comienza normalmente con métodos que utilizan técnicas tradicionales para la elicitación de requisitos. Estos métodos proporcionan sólo soporte básico a la gestión de requisitos y en caso de producirse la elicitación de requisitos de usabilidad, ésta se realiza por medio de extensiones a la propuesta.

4.2 Métodos de elicitación de requisitos de interacción

El 17.24% de las publicaciones utilizan un modelo para especificar los métodos de interacción que incluyen características de usabilidad. El 10.34% describen métodos que no están basados en modelos y el 72.41% de las publicaciones son estudios que no son concernientes al tema.

A continuación se mencionan algunos métodos para elicitar requisitos de interacción basados en modelos. Panach [36] propone una metodología para la elicitación de requisitos de interacción basada en diagramas CTT (ConcurTaskTree). Sutcliffe [43] presenta un método de diseño formado por: requisitos y análisis de la información, selección e integración de medios y el diseño de la atención de los usuarios. Creissac [6] indica que el modelo formal puede proporcionar un análisis para descubrir problemas de interacción en sistemas interactivos y la posibilidad de implementar los requisitos de usabilidad.

Los métodos encontrados en nuestro estudio consideran necesario realizar un análisis exhaustivo de los requisitos para aliviar los problemas de interacción. Para ello, formulan diversos modelos basados en el análisis sistemático de un conjunto de propiedades de interfaces estándar, y/o patrones estructurales, potenciando la usabilidad y experiencia de usuario.

4.3 Uso de las guías de usabilidad

El 31.03% de las publicaciones son métodos de elicitación de requisitos de usabilidad que utilizan *guías existentes*. Las publicaciones más representativas son los trabajos de: Panach [35] quien propone el uso de guías y patrones arquitectónicos para incluir característica de usabilidad dentro de entornos de desarrollo dirigidos por modelos. Jokela [26] propone un método de trabajo colaborativo en equipo basado en la definición de la usabilidad de la norma ISO 9241-11.

El resultado sobre el uso de *guías propuestas* (definidas por los mismos autores) es del 24.14% de las publicaciones. Las publicaciones más representativas son los trabajos de: Cysneiros [10], quien propone un catálogo dirigido para alcanzar la usabilidad a través de alternativas en el proceso de elicitación de requisitos. Henninger [22], quien presenta una metodología y la herramienta GUIDE (Guidelines for Usability through Interface Development Experiences) para crear guías específicas de usabilidad para un contexto específico.

Un 44.83% restante hacen referencia a "No existe", es decir que la publicación no indica qué guía usa para la elicitación de requisitos.

Las propuestas encontradas en el estudio ayudan a superar en parte el obstáculo de la integración de la usabilidad y su significado por los stakeholders. No obstante la aplicación de las guías requiere, en general, la interpretación de un experto en usabilidad para su correcto uso.

4.4 Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos

El 17.24% de las publicaciones utilizan las herramientas que dan soporte al desarrollo del *diseño de la interfaz*. Las publicaciones más representativas de esta categoría son las de: Sindhgatta [40] y Sutcliffe [42]. Sindhgatta utiliza una herramienta cuyo objetivo es definir pantallas para tareas interactivas y la vinculación de éstas con otras pantallas. Sutcliffe muestra un prototipo diseñado para funcionar como un script (guion) de demostración de conceptos.

Las herramientas que apoyan el *desarrollo de modelos* en la elicitación de requisitos son el 24.14% de las publicaciones. Unas de las más representativas son las de Grosse [20] y Martinie [30].

Grosse proporciona estilos estructurados para formular especificaciones de usabilidad detalladas en dispositivos médicos. Martinie presenta la herramienta DREAMER que relaciona requisitos funcionales y no funcionales en la etapa de diseño.

Las publicaciones clasificadas como "No Existe" son el 37.93% y corresponden a los métodos que no incluyen herramientas. El 20.69% restante son clasificadas como "No concierne".

Todas las herramientas propuestas en las publicaciones estudiadas son prototipos que presentan una funcionalidad limitada cuando su uso es orientado al proceso de elicitación de requisitos. Además, su utilización exige cierto grado de esfuerzo en la comprensión y aplicación por parte del analista usuario.

4.5 Tipo de notación para la elicitación de los requisitos

Los porcentajes de las notaciones utilizadas en la elicitación de requisitos son: UML 41.38%, Lenguaje Natural 27.59%, i* 27.59%, CTT 13.79%, Formal 6.90%, QOC 6.90%, y BPMN 3.45%, No concierne 17.24%.

A continuación, se describe una publicación por cada tipo de notación: Liu [46] utiliza la notación UML para conseguir un modelo de diseño integrado para modelar NFRs. Jokela [26] utiliza el Lenguaje Natural en un trabajo colaborativo donde los requisitos de usabilidad son sistemáticamente elicitados y analizados por un equipo de trabajo. Nguyen [33] utiliza la notación i* para facilitar el modelado de los NFRs y la forma en que se encuentran vinculados. Panach [36] utiliza la notación CTT para describir cómo el usuario realiza las tareas. Creissac [6] utiliza MAL (Modal Action Logic), una Notación Formal cuya especificación se centra en componentes de interfaz jerárquicos y atributos visibles del estado del sistema. Martinie [30] utiliza la notación QOC (Question, Option, Criteria) para definir las opciones de diseño. Sindhgatta [40] utiliza la notación BPMN para representar los flujos de procesos de negocio.

Las notaciones estudiadas han sido utilizadas por los métodos de elicitación de requisitos en sus diferentes fases de desarrollo. En algunos métodos [46],[40],[9], se ha utilizado más de una notación, resaltando el vínculo que existe entre patrones, escenarios y plantillas [6],[42].

4.6 Entorno de validación empírica

El 10.34% de las publicaciones presentan una propuesta de elicitación de requisitos de usabilidad que han sido aplicadas a un entorno industrial. El 58.62% se han aplicado como experimentos académicos y el 31.03% no disponen de ninguna validación.

Las propuestas más relevantes para el contexto industrial son los trabajos de Doerr [15] y Akoumianakis [2]. Doerr presenta casos de estudio realizados en aplicaciones industriales, aplicando diversas prioridades de calidad a cada uno de ellos. Akoumianakis describe alternativas interactivas de personalización en diferentes plataformas móviles sobre las funcionalidades básicas y servicios de una aldea. En el ámbito académico, las propuestas más relevantes son los trabajos de Juristo [27] y Panach [36]. Juristo evalúa los beneficios de los patrones de captura de requisitos de usabilidad. Panach [36] ha realizado un experimento de laboratorio para relacionar prototipos de interfaz con un modelo de tareas. En todos los casos de estudio, experimentos o ejemplos que se plantean (tanto académicos como industriales), a excepción del trabajo de Juristo, no existen métricas explícitas que determinen el nivel de usabilidad logrado por el sistema.

4.8 Resultados del estudio sistemático

La Figura 1 muestra las comparaciones entre las categorías SQ1, SQ2, SQ3 y SQ4. Los aspectos a resaltar son:

- No existen ni una sola guía propuesta por el autor para elicitar requisitos de usabilidad o requisitos de interacción que explícitamente realicen la elicitación de requisitos de usabilidad.
- Existe igual número guías existentes o herramienta para el diseño de interfaz destinado a la elicitación de requisitos de interacción.
- Existe un elevado número de publicaciones que no tratan métodos de elicitación de requisitos de usabilidad ni sugieren el uso de algún tipo de guía o herramienta.



Figura 1. Resultado de la combinación de categorías SQ1, SQ2, SQ3, SQ4

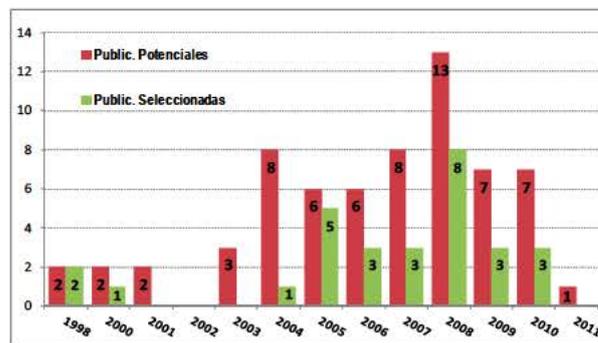


Figura 2. Número de las publicaciones clasificadas por año

La Figura. 2 muestra la comparación del número de publicaciones potenciales y seleccionadas catalogadas por año. Se observa la cantidad mínima de publicaciones presentadas en diversas conferencias, workshops y otras fuentes durante los 12 últimos años, incluyendo el año 1998 (publicaciones encontradas por búsqueda por referencia). No existe ninguna publicación seleccionada que recaiga en los años 2001, 2002, 2003 y 2011. Los demás instrumentos sujetos al estudio sistemático se ubican en <http://hci.dsic.upv.es/MappingStudyUsability/Mapping.pdf>.

5. DISCUSIÓN

En las publicaciones seleccionadas, la elicitación de requisitos de usabilidad está comprendida normalmente dentro de la fase del análisis [41],[16], es decir, una vez ya se hayan elicitado todos los requisitos funcionales. Esta incorporación tardía de los requisitos de usabilidad puede implicar cambios en la arquitectura del sistema, ya que los algunos requisitos de usabilidad pueden estar estrechamente ligados a requisitos funcionales [4],[19]. En el análisis de resultados del estudio sistemático se observa que la cantidad de publicaciones que abordan de manera clara y concisa

cómo se realiza el proceso de extracción de requisitos de usabilidad en etapas iniciales son mínimas. Por el contrario, se han encontrado bastantes trabajos donde la elicitación de requisitos de usabilidad se realiza en fase de diseño, junto con la elicitación de requisitos de interacción [26],[40],[25].

Otro aspecto observado en las publicaciones seleccionadas es la utilización de artefactos, como por ejemplo: patrones, escenarios y plantillas. La mayoría de las propuestas hacen uso de algún artefacto como apoyo al método de elicitación de requisitos de usabilidad [6],[42],[17]. Existen algunos enfoques diferentes, como el presentado en [27], en el cual los patrones son utilizados para representar características de usabilidad como requisitos funcionales.

Por lo que respecta a los métodos propuestos en las publicaciones estudiadas, éstos son poco flexibles y requieren bastante esfuerzo para aplicarlos en contextos distintos para los que fueron definidos [22],[25]. Las guías, notaciones y artefactos usados en estos métodos se encuentran más cerca del modelado de requisitos de interacción que del modelo de los requisitos de usabilidad. Además, en general, las guías de elicitación de requisitos de usabilidad están definidas de forma muy genérica y son difícilmente instanciables a casos de estudio concretos [8].

La validación de los métodos es otro aspecto crucial para la valoración de una propuesta. Los trabajos que presentan casos de estudio, experimentos y ejemplos, no muestran evidencias para verificar si los requisitos de usabilidad crearon un verdadero impacto positivo en el producto final. Además, se observa un mínimo porcentaje de propuestas que han sido aplicadas en el ámbito industrial [25]. Por último, cabe resaltar que se han encontrado algunas publicaciones que hacen referencia a otros muchos trabajos anteriores [9], dificultando la comprensión de la propuesta si no se accede a dichas referencias.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo ha sido planteado combinando aspectos de Ingeniería del Software (IS) y de la Interacción Persona-Ordenador (IPO). Por parte de la comunidad IS se han analizado los métodos de desarrollo que consideran la usabilidad como un requisito más. Por parte de la comunidad IPO se han estudiado las guías y heurísticos utilizados para el desarrollo de aplicaciones usables. El objetivo final de este trabajo es el de estudiar los trabajos existentes tanto de IS como de IPO que proponen optimizar las características de usabilidad dentro del proceso de desarrollo de software. De entre todos los trabajos existentes, este trabajo pretende analizar en mayor detalle aquellos que proponen la optimización de la usabilidad desde las primeras fases del desarrollo. Estas propuestas son especialmente atractivas porque se podrían embeber en métodos MDD, en los cuales, los requisitos se deben modelar desde las etapas de desarrollo tempranas.

El estudio sistemático ha sido elaborado en base a la metodología propuesta por Kitchenham y se ha centrado en una búsqueda durante los últimos 12 años. Los resultados obtenidos si bien se ajustan al enfoque de la elicitación de requisitos de usabilidad, no solucionan en gran medida los problemas que presentan las aplicaciones en el proceso de desarrollo (cambio continuo en los requisitos, presencia de nuevos requisitos, comprensión del mecanismo de interacción con el usuario, aplicación de nuevas guías y estándares para diversas plataformas y tecnologías, entre otros). Si nos centramos en publicaciones que traten la elicitación de requisitos de usabilidad en entornos MDD, la ausencia de trabajos es aún más acusada. Prácticamente, no hay trabajos en la actualidad.

El estudio sistemático sirve en gran medida para detectar los problemas existentes en los trabajos analizados e identificar trabajos futuros que aún no han sido abordados. En base a los resultados del estudio, se puede concluir que existe una línea de investigación clara en el ámbito de los requisitos de usabilidad en entornos MDD. Además, el estudio sistemático realizado en este artículo puede ser utilizado como punto de partida para futuras revisiones sistemáticas que se realicen en torno a la elicitación de requisitos de usabilidad.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo se ha desarrollado con el apoyo del MICINN (PROS-Req TIN2010-19130-C02-02), GVA (ORCA PROMETEO/2009/015), y cofinanciado con ERDF. Agradecemos también el apoyo de ITEA2 Call 3 UsiXML (20080026) financiado por el MITYC bajo el proyecto TSI-020400-2011-20.

8. REFERENCIAS

- [1] Acerbis, R.; Bongio, A.; Brambilla, M.; Butti, S. 2007. WebRatio 5: An Eclipse-Based CASE Tool for Engineering Web Applications. *LNCS. 4607*, 501-505.
- [2] Akoumianakis, D.; Katsis, A.; Vidakis, N. 2007. *Non-functional user interface requirements notation (NfRn) for modeling the global execution context of tasks*. In *Proc. of the 5th international conference on task models and diagrams for users interface design*. Hasselt, Belgium, Springer-Verlag, 259-274.
- [3] Ameller, D.; Franch, X.; Cabot, J. 2010. *Dealing with Non-Functional Requirements in Model-Driven Development*. In *18th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE)*. Sydney, NSW, 189-198.
- [4] Bass, L.; John, B. 2003. Linking usability to software architecture patterns through general scenarios. *The journal of systems and software. 66*, 187-197.
- [5] Budgen, D.; Turner, M.; Brereton, P.; Kitchenham, B. 2008. *Using Mapping Studies in Software Engineering*. In *Proceedings of PPIG*. Lancaster University, 195-204.
- [6] Campos, J.; Harrison, M.; Graham, T.; Palanque, P. 2008. Systematic Analysis of Control Panel Interfaces Using Formal Tools Interactive Systems. Design, Specification, and Verification. In *Book. Systematic Analysis of Control Panel Interfaces Using Formal Tools Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 72-85.
- [7] Carrizo, D.; Dieste, O.; Juristo, N. 2008. *Study of Elicitation Techniques Adequacy*. In *11th Workshop on Requirements Engineering*. Spain, Barcelona, 104-114.
- [8] Cronholm, S.; Bruno, V. 2008. *Do you need general principles or concrete heuristics?: a model for categorizing usability criteria*. In *Proc. of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat*. Cairns, Australia, ACM,
- [9] Cysneiros, L. M.; do Prado Leite, J. C. S. 2004. Nonfunctional requirements: from elicitation to conceptual models. *IEEE Trans. on Softw. Eng. 30*, 5, 328-350.
- [10] Cysneiros, L. M.; Werneck, V. M.; Kushniruk, A. 2005. *Reusable knowledge for satisficing usability requirements*. In *Proc. of 13th IEEE International Conference on Requirement Engineering*. Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, 463-464.
- [11] Chung, L.; Nixon, B.; Yu, E.; Mylopoulos, J., 2000. *Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Kluwer Academic Publishing, London, England.

- [12] Chung, L.; Sampaio do Prado Leite, J. C. 2009. On Non-Functional Requirements in Software Engineering. *LNCS. 15600*.
- [13] Daniel, S.; Rita de Almeida, P.; Isbela, M. 1999. OOHDM-Web: an environment for implementation of hypermedia applications in the WWW. *SIGWEB Newsl.* 8, 2, 18-34.
- [14] Dieste, O.; Lopez, M.; Ramos, F. 2008. Updating a Systematic Review about Selection of Software Requirements Elicitation Techniques *In Proc. of WER*.
- [15] Doerr, J.; Kerkow, D.; Koenig, T.; Olsson, T.; Suzuki, T. 2005. *Non-functional requirements in industry - three case studies adopting an experience-based NFR method*. In *Proc. 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering*. 373-382.
- [16] Escalona, M. J.; Arag, G. 2008. NDT. A Model-Driven Approach for Web Requirements. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 34, 3, 377-390.
- [17] Escalona, M. J.; Koch, N.; Filipe, J.; Cordeiro, J.; Pedrosa, V. 2007. Metamodeling the Requirements of Web Systems Web Information Systems and Technologies. In *Book Metamodeling the Requirements of Web Systems Web Information Systems and Technologies*. Springer Berlin Heidelberg, 267-280.
- [18] Fernandez, A.; Insfran, E.; Abrahão, S. 2011. Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*. 53, 8, 789-817.
- [19] Folmer, E.; Bosch, J. 2004. Architecting for usability: A Survey. In *Journal of Systems and Software*, 61-78.
- [20] Grosse-Wentrup, D.; Stier, A.; Hoelscher, U.; Dössel, O.; Schlegel, W. C. 2009. Supporting Tool for Usability Specifications. In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Springer Berlin Heidelberg: Munich, Germany, 845-847.
- [21] Hailpern, B., Tarr, P. 2006. Model-Driven Development: the Good, the Bad, and the Ugly. *IBM Syst. J.* 45, 3, 451-461.
- [22] Henninger, S. 2000. A methodology and tools for applying context-specific usability guidelines to interface design. *Interacting with Computers*. 12, 3, 225-243.
- [23] ISO-9126_1. 2001. Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model.
- [24] ISO-9241_11. 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability.
- [25] Jokela, T.; Koivumaa, J.; Pirkola, J.; Salminen, P.; Kantola, N. 2006. Methods for quantitative usability requirements: a case study on the development of the user interface of a mobile phone. *Personal Ubiquitous Comput.* 10, 6, 345-355.
- [26] Jokela, T.; Seffah, A.; Gulliksen, J.; Desmarais, M. C. 2005. Guiding Designers to the World of Usability: Determining Usability Requirements Through Teamwork. In *Book Guiding Designers to the World of Usability: Determining Usability Requirements Through Teamwork*. Springer Netherlands, 127-145.
- [27] Juristo, N.; Moreno, A. M.; Sánchez, M. I. 2007. Guidelines for Eliciting Usability Functionalities. In *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 744-758.
- [28] Kitchenham, B. A.; Charters, S. 2007. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. In *EBSE Technical Report*, Keele University.
- [29] Koch, N. 2000. Software Engineering for Adaptive Hypermedia Applications. Ludwig-Maximilians-Universität München: Munich.
- [30] Martinie, C.; Palanque, P.; Winckler, M.; Conversy, S. 2010. *DREAMER: a design rationale environment for argumentation, modeling and engineering requirements*. In *Proc. of the 28th International Conference on Design of Communication*. São Paulo, Brazil, ACM,
- [31] Mehwish, R.; Emilia, M.; Ewan, T. 2009. A systematic review of software maintainability prediction and metrics. In *Proc. of the 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, IEEE Computer Society.
- [32] Mellor, S.; Scott, K.; Uhl, A.; Weise, D. 2002. Model-Driven Architecture. In *Book Model-Driven Architecture*. Springer Berlin / Heidelberg, 233-239.
- [33] Nguyen, Q. L. 2009. *Non-Functional Requirements Analysis Modeling for Software Product Lines*. In *Proc. of the ICSE Workshop on Modeling in Software Engineering*. IEEE Computer Society,
- [34] Nielsen, J., 1993. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann,
- [35] Panach, J. I.; España, S.; Moreno, A.; Pastor, O. 2008. *Dealing with Usability in Model Transformation Technologies*. In *ER 2008*. Barcelona, Springer LNCS 498-511.
- [36] Panach, J. I.; España, S.; Pederiva, I.; Pastor, O. 2007. Capturing Interaction Requirements in a Model Transformation Technology Based on MDA. In *Journal of Universal Computer Science (JUCS)*.
- [37] Pastor, O., Molina, J., 2007. *Model-Driven Architecture in Practice*. Springer, Valencia.
- [38] Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S.; Mattsson, M. 2008. *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. In *Proc. of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering EASE*.
- [39] Sajedi, A.; Mahdavi, M.; Pourshirmohammadi, A.; Nejad, M. M. 2008. *Fundamental Usability Guidelines for User Interface Design*. In *Proc. of International Conference on Computational Sciences and Its Applications ICCSA IEEE Computer Society*, 106-113.
- [40] Sindhgatta, R.; Srinivas, T., 2005. *Functional and Non-Functional Requirements Specification for Enterprise Applications*. Springer, Berlin, Alemania.
- [41] Soares, M. S.; Vrancken, J. L. M. 2008. Model-driven User Requirements Specification using SysML. *Journal of Software*. 57-68.
- [42] Sutcliffe, A., G.; Ryan, M. 1998. Experience with SCRAM, a Scenario Requirements Analysis Method. In *Proc. of the 3rd International Conference on Requirements Engineering: Putting Requirements Engineering to Practice*, IEEE Computer Society.
- [43] Sutcliffe, A. G.; Kurniawan, S.; Jae-Eun, S. 2006. A method and advisor tool for multimedia user interface design. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 64, 4, 375-392.
- [44] Svensson, B.; Gorschek, T.; Regnell, B.; Torkar, R.; Shahrokni, A.; Feldt, R. 2011. Quality Requirements in Industrial Practice - an extended interview study at eleven companies. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 99, 1-14.
- [45] Svensson, R. B.; Höst, M.; Regnell, B. 2010. *Managing Quality Requirements: A Systematic Review*. In *36th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*. 261-268.
- [46] Yi, L.; Zhiyi, M.; Weizhong, S. 2010. Integrating Non-functional Requirement Modeling into Model Driven Development Method. In *Proceedings of the 2010 Asia Pacific Software Engineering Conference*, IEEE Computer Society.
- [47] Yu, E. 1997. *Towards Modelling and Reasoning Support for Early-Phase Requirements Engineering*. In *IEEE Int. Symp. on Requirements Engineering*. 226-235.

Desarrollo de Software EUD Centrado en el Usuario Final

José Antonio Macías Iglesias
 Universidad Autónoma de Madrid
 Tomás y Valiente 11
 28049 Madrid
 +34 914976241
 j.macias@uam.es

RESUMEN

Recientemente, el auge de las TIC ha motivado que usuarios no programadores hayan tomado un papel activo en el entorno de la computación construyendo y personalizando artefactos software, lo que ha provocado una tendencia que aboga por transformar al usuario final en programador o diseñador de proyectos software. Este hecho puede desequilibrar las competencias profesionales, introducir un factor de riesgo implícito y producir un impacto socio-económico importante. En este artículo se analiza esta problemática y se proponen directrices que permitan potenciar los principios de diseño y asistir al usuario final en las tareas más complejas de personalización de soluciones software relacionadas con su dominio, en vez de que éste acabe programando y/o gestionando proyectos software. Para ello, se introducirán tres herramientas de soporte, y se evaluarán con respecto a su usabilidad alcanzada para demostrar el alcance y adecuación de dichas herramientas para el usuario final experto en su dominio pero no en computación.

Palabras Clave

Desarrollo por el Usuario Final, Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad.

1. INTRODUCTION

En los últimos años se han producido cambios notables en el mundo TIC motivados, principalmente, por el abaratamiento del hardware, la implantación de internet y por el hecho de que gran parte de la población mundial haya acabado manejando software de ordenador. Esto ha motivado pasar de tener personas que utilizaban el ordenador de forma esporádica a tener usuarios finales expertos en su dominio que manipulan software para fines muy concretos como la simulación, experimentación, desarrollo de pequeñas aplicaciones o módulos con entornos de alto nivel, macros, aplicaciones web, etc. Este tipo de usuarios se diferencian de los usuarios poco expertos, con un perfil más ofimático, pero también de los muy expertos entre los que se encuentran programadores y expertos en computación (ver Figura 1).

Este cambio de mentalidad provocó el surgimiento de nuevas disciplinas, como el EUD (*End-User Development*), basadas en el concepto del usuario final, es decir, usuarios no informáticos con diferentes conocimientos y habilidades cognitivas que acaban tomando un papel activo en la creación y personalización de software. El EUD, o Desarrollo por el Usuario Final, se define como un conjunto de actividades o técnicas que permiten a personas, que no son desarrolladores profesionales, crear o modificar software [8][10]. Posteriormente, a raíz del EUD, surgen nuevos y recientes sub-paradigmas relacionados que abogan por implicar aún más al usuario final en las tareas de

desarrollo y construcción de software. Se trata del EUP (*End-User Programming*), donde el objetivo es que el usuario pueda crear programas software [6], y el EUSE (*End-User Software Engineering*), donde el objetivo va más allá de que el usuario programe, involucrándole en aspectos concretos del desarrollo de un proyecto informático relacionados con la reusabilidad, seguridad y verificabilidad del software a desarrollar [22].

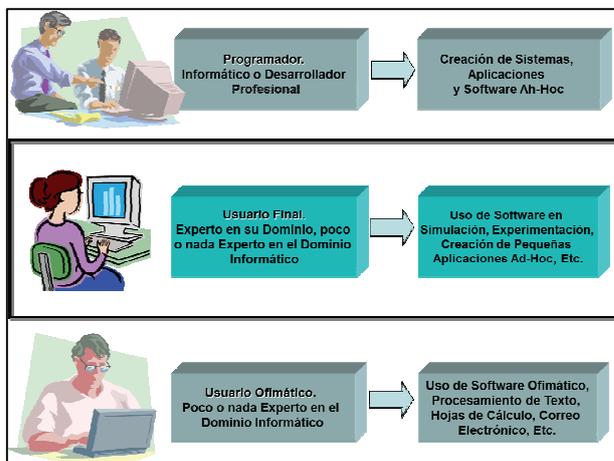


Figura 1. Categorización del usuario final entre los niveles de usuario ofimático y experto programador.

1.1 Estado del Arte

El Desarrollo por el Usuario Final surge como iniciativa a partir de consorcios como EUSES [7] en Estados Unidos o EUD-Net [17] en Europa, cuyos objetivos se basan en hacer posible, de una forma rápida y barata, la co-evolución de sistemas y usuarios finales a partir de la adaptación explícita de las aplicaciones informáticas a las actividades de los propios usuarios. No obstante, y desde el punto de vista de la industria, no existe una adopción sistematizada del EUD, sino que se manifiesta parcialmente en algunas técnicas pensadas para ayudar o asistir al usuario y evitarle adquirir conocimientos irrelevantes no relacionados directamente con su actividad, como la creación de menús adaptativos, la generación de macros y pequeños programas mediante interfaces de alto nivel conceptual, la realización de cálculos o procesos de inferencia automáticos en celdas de hojas de cálculo, etc.

En el plano académico, podemos encontrar algunas propuestas más concretas a partir de herramientas como TERESA [15], enfocada al diseño y desarrollo de aplicaciones *nómadas*, que ofrece un soporte integrado para representaciones formales e informales, y permitiendo además la modificación de aplicaciones

existentes o la creación de nuevas aplicaciones desde cero. También, WebRevenge [19] lleva a cabo un proceso de ingeniería inversa, es decir, genera un modelo de tareas a partir del análisis de la interacción y los componentes de una interfaz Web final. iCAP [6] es también otro trabajo de investigación cercano al EUD que permite el desarrollo de aplicaciones con sensibilidad al contexto, definiendo salidas o respuestas en función de las entradas contextuales. Por otro lado, ICO [1], compuesto por un lenguaje visual distribuido y concurrente de objetos para la modelización compartida, y PetShop [16], un entorno de edición y modificación de programas para prototipado rápido que permite la modelización interactiva de una aplicación, intentan combinar lenguaje de modelado y herramienta de edición, dando un soporte único para la creación de aplicaciones por parte de usuarios cualesquiera sin necesidad de conocer para ello ningún lenguaje de programación concreto. Otra interesante aportación a este campo es el del concepto de Web Pragmática (The Pragmatic Web) [20]. La Web Pragmática no trata sobre forma o significado, como es el caso de la Web normal, sino sobre cómo la información va a ser usada finalmente. Para ello utiliza agentes que transmiten y captan información relevante que será usada en aplicaciones prácticas, en función de las necesidades propias de cada usuario, y teniendo en cuenta en todo momento el contexto de uso. Bajo el paradigma de las interfaces inteligentes, Personal Wizards [2] captura los eventos generados por un usuario experto bajo una aplicación, y seguidamente el sistema crea un asistente, a partir de los eventos generados, para guiar a usuarios menos expertos paso a paso a través de las tareas propuestas.

No obstante, y en la actualidad, no existe un estudio concienzudo o guías de diseño explícitas que permita elaborar tecnología EUD de manera sistematizada. En ese sentido, urge la creación de guías o directrices para el diseño de sistemas realmente centrados en el usuario, sin exigir de éste una intervención explícita en el desarrollo, pero orientando las soluciones a los usuarios finales del sistema, de forma que el software esté más acorde con sus necesidades reales.

1.2 El Usuario Final como Desarrollador

En cierta medida, pudiera parecer razonable que la sociedad de la información avance hasta tal punto que permita garantizar plenamente el hecho de que el usuario final acabe desarrollando sus propios artefactos software. En general, la mejora de la experiencia del usuario, a partir de la mejora de atributos de calidad como la usabilidad, ha hecho progresar las técnicas IPO (Interacción Persona-Ordenador) notablemente. No obstante, surgen aspectos, que no han sido completamente tratados hasta el momento, que dejan entrever cierta incongruencia sobre esta idea:

- ¿Debería un usuario no experto en computación acabar programando software? ¿Es conveniente que un usuario final intervenga en los aspectos técnicos del desarrollo de un proyecto software?
- ¿Sería asumible el coste en aprendizaje de estos usuarios? ¿Este coste podría ser asumido si, por otro lado, se prescindiera de personal experto en programación y/o gestión de proyectos?
- ¿Podrían considerarse estas iniciativas una intromisión en las competencias de informáticos, analistas y programadores?

En cierta forma, existen factores de riesgo que pueden hacer poco recomendable que personas no expertas en software acaben programando. Algunos de los accidentes ocurridos en los últimos

años, como los producidos en el metro de distintas ciudades, o el accidente aéreo de la Tam, ponen de manifiesto problemas de usabilidad inherentes en las aplicaciones diseñadas, que podrían ser mucho más graves si son los usuarios finales, sin ciertas competencias relacionadas con la creación de software, los que crean o manipulan este tipo de aplicaciones informáticas.

En general, para garantizar el EUD en toda su extensión sería necesario un cambio sistematizado en las técnicas actuales de construcción de software, ya que se requieren métodos de desarrollo más orientados a las personas que a los procesos, enfatizando en la flexibilidad, la adaptabilidad y la asistencia al usuario final. No sería adecuado, por tanto, que el usuario final acabe desarrollando mediante herramientas o entornos especializados, ya que conllevan un coste de aprendizaje elevado. Por otro lado, está presente el ya mencionado factor de riesgo, pues muchos usuarios no tienen el desarrollo como tarea principal. Debe haber, por tanto, un equilibrio entre la motivación del usuario y el coste que conlleva poner en práctica el EUD.

La hipótesis de partida de este trabajo se basa en que es posible potenciar los principios de diseño, llegando a un compromiso aceptable entre utilidad y usabilidad, potenciando técnicas relacionadas con la interacción que permitan asistir al usuario en las tareas más complejas, en vez de que el usuario acabe programando y/o gestionando proyectos software. Se trata, por tanto, de que los usuarios puedan diseñar o personalizar fácilmente nuevas aplicaciones, a la vez que los expertos realizan las partes más complejas (componentes, extensiones, herramientas de desarrollo, etc.), buscando un equilibrio que permita optimizar las competencias de ambos colectivos en beneficio del usuario final, lo que supondría un compromiso aceptable para ambas partes, una disminución del riesgo y una solución a ciertos problemas de usabilidad actuales que tienen un impacto socio-económico importante.

1.3 Aportación del Trabajo

Se propone un planteamiento basado en el paradigma EUD que permita formalizar y definir los rasgos principales, procesos, actividades y herramientas que satisfagan la hipótesis de partida anteriormente enunciada. Para ello, se proponen tres herramientas de soporte, DESK [13], VISQUE [3] e InterArch [21], que permiten al usuario final, no desarrollador y experto en su dominio, concentrarse en sus tareas de creación y personalización de artefactos software, mientras los expertos en informática se concentran en tareas de soporte o desarrollo avanzado de las propias herramientas, como es el caso, o continuar su labor a partir de las salidas que éstas generan. Las principales aportaciones de este trabajo, y de las herramientas presentadas, son las siguientes:

- a) Concreción de la participación del usuario en el proceso de diseño de soluciones programáticas mediante herramientas de autor de distintos dominios de aplicación. Se trata de mejorar los métodos tradicionales y tener en cuenta la opinión del usuario en todo momento, haciendo un diseño más centrado en el usuario final y adaptado a sus propias necesidades.
- b) Explotación de lenguajes visuales de modelado. Es primordial conseguir lenguajes fáciles de usar para el usuario final, más intuitivos, así como lenguajes de dominio específico. Esto permitirá hacer frente a la diferencia de

abstracción existente entre los profesionales del software y el modelo mental de los usuarios finales.

- c) Establecimiento de un compromiso aceptable entre expresividad y facilidad de uso. Lo deseable es conseguir entornos de creación de artefactos software fáciles de utilizar, intuitivos y visuales, disminuyendo, si fuera necesario, la capacidad expresiva de los mismos. En definitiva, se trata de conseguir un compromiso aceptable entre la expresividad y la facilidad de uso a base de reducir la complejidad conceptual de las aplicaciones.

Las herramientas presentadas reúnen características no presentes en otras soluciones existentes, incorporando aspectos tales como permitir al usuario seleccionar y parametrizar objetos fácilmente, integrar componentes existentes en el sistema y extenderlos construyendo nuevos componentes visualmente. Por otro lado, el lenguaje visual empleado en todas ellas permite al usuario concentrarse en sus tareas de diseño, definiendo a su vez un método de trabajo basado en su dominio que permite crear y customizar soluciones software específicas. Se trata de evitar limitar la capacidad creativa de estos usuarios. Estos objetivos se garantizan a partir de una medición específica de la usabilidad realizada, y mediante las técnicas centradas en el usuario empleadas para la creación de estas herramientas, enfocadas al colectivo de usuarios objetivo.

2. HERRAMIENTAS DESARROLLADAS

Con objeto de satisfacer los objetivos anteriormente expuestos, se presentan tres herramientas diseñadas en el ámbito del Desarrollo por el Usuario Final que pretenden satisfacer los planteamientos enunciados anteriormente.

Estas herramientas han sido construidas en base a las siguientes hipótesis de partida:

- 1) Es posible idear un formalismo visual, manipulable por los usuarios finales (lenguaje visual centrado en el usuario) que permita representar ideas o conocimiento conceptual procesable por este tipo de usuarios.
- 2) Es posible sistematizar el proceso descrito en la primera hipótesis mediante la construcción de una herramienta fácil de usar y de aprender por el usuario final, que permita personalizar o crear elementos programáticos u artefactos software con el menor esfuerzo posible a partir de las facilidades visuales y de manipulación concebidas.

2.1 DESK

DESK es una herramienta web, similar a un editor web, que permite al usuario, no experto en lenguajes de edición para la web, modificar una página web generada dinámicamente, siendo la herramienta capaz de seguir el camino inverso en la generación de dicha página para poder llegar a identificar los objetos del dominio, presentes en el modelo de la presentación, que generaron dicha página. De esta forma, DESK cambia información procedural sobre cómo deberá generarse la página modificada en el futuro, o incluso cómo deberán generarse páginas del mismo tipo. La herramienta se apoya en un sistema de generación de páginas web a través de ontologías, denominado PEGASUS [4], donde gracias a la separación explícita que hace de presentación y contenidos, permite la edición de estos dos conceptos por separado, permitiendo a DESK llevar a cabo el proceso de manera automática.

PEGASUS es un sistema de representación del conocimiento y generación automática de páginas (interfaces) web dinámicas, que utiliza ontologías del dominio a la medida para la descripción y estructuración conceptual de la información. PEGASUS proporciona un lenguaje de representación de ontologías del dominio y bases de conocimiento. Una ontología describe conceptos de un dominio determinado, y consiste básicamente en una jerarquía de categorías, con propiedades y relaciones entre ellas. El vocabulario definido por la ontología se utiliza para especificar entidades del dominio (instancias de las categorías) y relacionarlas unas con otras, estructurando el conocimiento en forma de red semántica. PEGASUS además aporta un lenguaje de representación de un modelo abstracto explícito de la presentación, que determina la composición y apariencia de las páginas a generar. Estas presentaciones no se asocian a unidades de conocimiento concretas, sino a clases y relaciones de la ontología, es decir, a categorías de conocimiento. Las plantillas de presentación de PEGASUS permiten incluir referencias y condiciones, además de reglas, sobre el modelo del usuario y de la plataforma, asimismo la utilización de un modelo abstracto de la presentación, que supone la separación entre presentación y contenidos, favorece la reutilización y consistencia en las interfaces web diseñadas.

La herramienta de autor DESK utiliza técnicas basadas en el EUD, como es el caso de la *Programación por Demostración* [9], y monitoriza al usuario durante toda la interacción, construyendo un modelo estructurado de la interacción. Posteriormente procesa este modelo para extraer información sobre los cambios realizados por el usuario. De esta forma es posible inferir automáticamente las modificaciones llevadas a cabo, evitando así que el usuario tenga que manipular los lenguajes de modelado interno de PEGASUS.

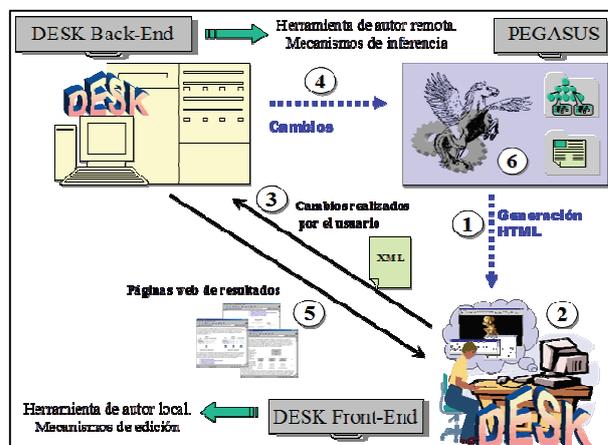


Figura 2. La herramienta de autor DESK.

Para llevar a cabo su cometido, DESK distribuye su funcionalidad en dos partes construidas a partir de una arquitectura cliente-servidor, tal y como se muestra en la Figura 2. La parte del cliente (*front-end*) es la herramienta de autor WYSIWYG encargada de soportar la mayor parte de la interacción directa con el usuario. La parte del servidor (*back-end*), es donde se efectúan los mecanismos de inferencia que permiten llevar a cabo los cambios realizados por el usuario sobre la interfaz web. Atendiendo a la información mostrada en la Figura 2, los principales pasos en el proceso de interacción con DESK son los siguientes:

- 1) En primer lugar el usuario edita una página concreta, generada por PEGASUS, mediante la herramienta DESK del *front-end*.
- 2) DESK recoge información sobre la interacción del usuario y la representa en un modelo de monitorización, que es un modelo estructurado codificado en XML, el cual refleja información de alto nivel sobre las acciones o cambios llevados a cabo por el usuario durante la edición de un documento web.
- 3) Los cambios realizados por el usuario se envían al servidor. La parte de DESK que se encuentra en el *back-end* procesa los cambios a partir del modelo de monitorización, empleando para ello los correspondientes mecanismos de inferencia mediante el uso de conocimiento de alto nivel del dominio.
- 4) Como resultado final del proceso anterior de inferencia, se modifican los modelos subyacentes de PEGASUS: presentación y dominio.
- 5) Finalmente se envía al usuario información relativa a los cambios efectuados y a lo acontecido durante todo el proceso de inferencia.
- 6) La próxima vez que se genere una página del mismo tipo, los cambios surtirán efecto, habiendo modificado así el mecanismo por el cual se generan las páginas web de forma persistente

El proceso de inferencia llevado a cabo por DESK consta de heurísticas que buscan en la ontología correspondencias entre los objetos del dominio y los cambios que el usuario ha llevado a cabo en la interfaz. De esta forma se localizan relaciones entre objetos concretos, del dominio y de la presentación, y se construyen caracterizaciones (rutas de acceso) que determinan exactamente qué es lo que el usuario ha tratado de cambiar en cada caso, distinguiendo el sistema qué modelo modificar (dominio, presentación) y, a menor nivel de granularidad, qué información debe ser actualizada dentro de los modelos. De forma adicional, y aplicando heurísticas apropiadas que trabajan con información del dominio, DESK trata de solventar las posibles ambigüedades que se producen en ese camino inverso a partir del proceso de ingeniería inversa llevado a cabo. Esto permite reconocer y caracterizar los cambios de una forma más precisa.

Por otro lado, DESK aporta, a partir del proceso de ingeniería inversa explicado, una visión enfocada a alejar al usuario del conocimiento de la especificación de la interfaz web modelizada a partir de PEGASUS. Es decir, se trata de aplicar técnicas de Desarrollo por el Usuario Final, como es el caso de la *Programación por Demostración*, para reducir la complejidad del sistema, persiguiendo conseguir un compromiso aceptable entre expresividad y complejidad de uso, siendo un aporte importante al diseño de la interacción en entornos web semánticos [13].

2.2 VISQUE

VISQUE es una herramienta de autor que tiene como propósito la creación de consultas *por demostración* [9] enfocadas a almacenes de datos, permitiendo a usuarios de bases de datos, no expertos en SQL, construir consultas de una forma visual y con menos limitaciones de expresividad. La herramienta utiliza distintas técnicas de visualización, y proporciona expresividad para construir consultas complejas que incluyen operaciones de conjuntos, consultas anidadas, y operaciones de agregación.

La herramienta está basada en la web, y aporta un conjunto de técnicas novedosas de visualización de información para la consulta de esquemas de almacenes de datos. VISQUE toma la información de conexión de una base de datos relacional e infiere el esquema de datos correspondiente mediante un algoritmo que analiza la estructura de las tablas y determina cuál es la tabla de *hechos* y cuáles son las tablas de *dimensiones*. Esta información se almacena en un fichero XML, que sirve como descriptor del esquema y proporciona información a otros componentes de la herramienta.

A partir del componente visual para la interacción con el esquema, el usuario puede construir una consulta visualmente. Posteriormente, el sistema utiliza un intérprete de consultas y, apoyándose en el descriptor del esquema, genera una sentencia SQL a ser ejecutada en el Sistema Gestor de Bases de Datos para visualizar los resultados. Cuando la consulta en cuestión implica una operación sobre conjuntos o existen consultas anidadas, el sistema es capaz de generar visualizaciones para mostrar dichas operaciones. Para ello, se genera automáticamente otro fichero XML (Descriptor de Visualización de operaciones) a partir de los datos que posee la aplicación acerca de la consulta, que posteriormente se representará en el navegador web del usuario.

La interfaz Web de VISQUE incluye varias secciones que comprenden distintas funcionalidades del sistema. En la Figura 3 se puede observar la pantalla principal de la herramienta, en la cual se muestran 6 regiones (cada una de ellas señalada con una flecha numerada). La primera (1) muestra el esquema de interacción y visualización, anteriormente comentado, sobre el esquema de almacenes de datos, y la manera en la cual el usuario puede manipular los campos, seleccionándolos desde dicha estructura jerárquica que muestra una clara diferencia entre las *medidas* (rectángulos verdes) y las *dimensiones* (rectángulos rojos), así como las operaciones que se pueden aplicar a cada uno de los elementos del esquema (expandiendo cada uno de los nodos). Cuando se expande un elemento hasta el último nivel, se muestran todas las operaciones posibles sobre un determinado campo, bien sea una *medida* o un *atributo dimensional*.

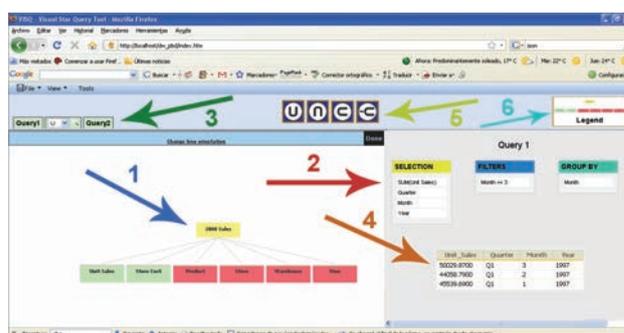


Figura 3. Interfaz de usuario para la manipulación de consultas visuales en VISQUE.

Entre las operaciones que permite la herramienta, y que el usuario puede realizar de forma visual, cabe mencionar la selección, el filtrado, los criterios de ordenamiento y el agrupamiento. Siguiendo con la Figura 3, la segunda región (2), es una representación de los elementos para la consulta que han sido seleccionados desde la estructura jerárquica mencionada de la región 1. Cada uno de dichos elementos se muestra en cajas con distintos colores, y especifican distintas partes de la cláusula SQL inferida. Una de las principales características de la herramienta

es la habilidad de representar visualmente operaciones tales como UNION, INTERSECTION, IN y NOT IN, que no son muy comunes en otras herramientas de consultas visuales. La tercera región (3), comprende un área tabular que representa independientemente cada una de las subconsultas que pueden generarse dentro de la consulta global, indicando las operaciones correspondientes entre las distintas consultas, y permitiendo al usuario observar los elementos de la operación resultante de forma visual. La cuarta región (4) se actualiza automáticamente para cada subconsulta independiente, y muestra los resultados (datos) en tiempo real. La quinta región (5) muestra un conjunto de botones que se utilizan para incluir nuevas subconsultas en función de una operación determinada. Por último, la sexta región (6) muestra una imagen que indica la leyenda del esquema de datos; al hacer clic sobre ésta, se proporciona una ayuda al usuario para entender la correspondencia entre colores, metáforas y elementos del esquema en caso de que el usuario lo necesite en cualquier momento.

Una vez que el usuario ha diseñado la consulta visualmente, el sistema la convierte automáticamente a código SQL, la envía al servidor de base de datos seleccionado a priori y VISQUE visualiza la consulta final de manera visual, así como los resultados obtenidos de su ejecución. El sistema permite una visualización de datos y de la consulta en tiempo real, por tanto al usuario se le muestra la información resultante de la consulta según éste la va construyendo paso a paso, lo que permite obtener una retroalimentación inmediata sobre la información que desea consultar en cada caso. Por otro lado, la representación de operaciones sobre conjuntos de forma visual ayuda al usuario a entender las relaciones entre los datos. Este aspecto no ha sido tratado en otras herramientas incluso del ámbito comercial, ya que la mayoría de estas herramientas se basan en modelos de tabla para realizar las consultas de manera visual. VIQUE cambia el modelo visual clásico para realizar consultas y permite su representación, y de los datos obtenidos, de manera más usable.

2.3 InterArch

InterArch es una herramienta CASE que permite la creación de la Arquitectura de la Información (AI) para el diseño de sitios web interactivos. Está basada en dos principios esenciales. Primero, dado que habitualmente el Arquitecto de la Información posee un perfil menos técnico y más orientado a aspectos de diseño estético y organización de la información, InterArch le permite concentrarse en sus tareas de análisis conceptual dentro del dominio del problema. Esto facilita que el profesional de la información pueda elaborar sus productos de forma habitual. Segundo, en base al análisis inicial realizado por el Arquitecto de la Información, InterArch genera diagramas UML para analistas e ingenieros software de forma automática, concretando los elementos que tienen su correspondencia con los diagramas de clase y objetos de contenido que utilizan los profesionales del software. Para ello, dicha información se generará en un formato textual y transportable en XMI, de forma que sea procesable por cualquier herramienta CASE existente con objeto de dar continuidad al resto de fases y actividades del proyecto software.

La herramienta de autor InterArch está compuesta principalmente por una serie de procesos que se encargan de la gestión y transformación de modelos en un entorno visual orientado al Arquitecto de la Información. Estos procesos comprenden el modelado visual de los elementos conceptuales requeridos por el profesional de la información, la transformación del modelo

visual en un modelo intermedio, y la generación textual transportable del análisis de la información en diagramas UML. Dichos procesos tienen por objetivo tomar como entrada el diseño visual de diagramas del Arquitecto de la Información y generar como salida diagramas UML para analistas e ingenieros del software.

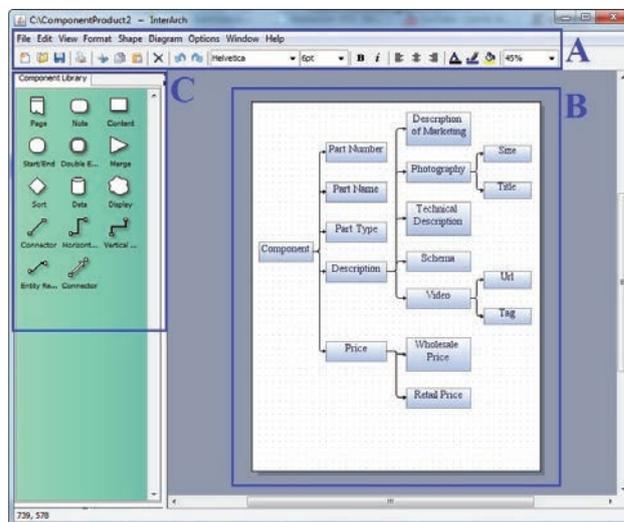


Figura 4. Interfaz de Usuario de InterArch dividida en tres partes: A, B y C.

El modelado visual-conceptual de los elementos arquitectónicos de la información se lleva a cabo mediante la interfaz de usuario principal de la herramienta InterArch. Esta interfaz es el entorno principal de trabajo del Arquitecto de la Información, y consta de elementos visuales para elaborar diagramas en un entorno funcional para manipular e interactuar con los elementos visuales a través de distintas opciones de formato y edición. En la Figura 4 se muestra esta interfaz de usuario, cuyas partes principales están marcadas con letras mayúsculas (A, B y C).

En la parte A de la Figura 4, se muestran las opciones de formato y edición habituales de una aplicación de estas características para manipular elementos dentro del entorno de trabajo: archivos, edición, formato y estilos, vistas del entorno de trabajo, etc. En la parte B, se detalla el entorno de trabajo principal que permite manipular y relacionar los distintos elementos visuales de que dispone la herramienta. En el ejemplo que aparece, se pueden apreciar las relaciones entre los elementos de contenido representados, las cuales describen la estructuración y precios de los componentes de cada producto en una tienda on-line. En la parte C de la Figura 4, se muestran los iconos de trabajo de los distintos elementos visuales que permiten enriquecer la interpretación visual de los diagramas elaborados por el Arquitecto de la Información. Existen tres tipos de elementos principales para el modelado visual: los elementos para la interpretación de contenido del modelado visual-conceptual de la AI, los elementos de enlace que permiten definir los tipos de asociaciones y relaciones entre los elementos de contenido, y los elementos de etiquetado que permiten incorporar información adicional (semántica) al modelado.

La herramienta InterArch tiene la ventaja de incorporar un mecanismo automático de transformación de modelos, no presente en las herramientas habituales de la AI, lo que permite aislar al experto de la información de aspectos técnicos relacionados con la programación del sistema interactivo, pero

involucrándolo a su vez en el propio proyecto software, principalmente en las fases tempranas de análisis de contenidos. De esta forma, la herramienta permite al experto en información concentrarse en el dominio del problema, y al profesional del software en el dominio de la solución a través de los diagramas UML que la propia herramienta genera, y que pueden ser integrados con el resto de elemento funcionales y no funcionales en el proyecto software para el diseño de la aplicación web interactiva que se está desarrollando.

3. EXPERIMENTACIÓN CON USUARIOS

Para corroborar las hipótesis de partida anteriormente descritas sobre el compromiso aceptable entre expresividad y facilidad de uso de las herramientas EUD presentadas, se idearon experimentos con usuarios utilizando las tres herramientas descritas. Esta experimentación así como los resultados más importantes alcanzados, se describe en los siguientes apartados.

3.1 Experimentos Realizados

En los tres casos, y con el objetivo de obtener una estimación de la usabilidad de las herramientas, se utilizaron las técnicas de evaluación *Test Retrospectivo* y *Thinking Aloud* [18], las cuales permiten obtener una grabación de la interacción del usuario con las herramientas y revisar posteriormente los registros de videos almacenados durante la realización del test, recompilando la información adicional necesaria e identificando, más fácilmente, tiempos medidos y conceptos erróneos al verbalizar los usuarios su experiencia con las herramientas.

De esta forma, en el experimento participaron 12 personas con perfil empresarial no expertos en informática, pero con conocimientos del dominio de las herramientas, es decir, con conocimientos en edición web, creación de consultas y contenidos web. La experimentación con usuarios se llevó a cabo siguiendo los pasos que se muestran a continuación para cada herramienta:

- 1) En primer lugar, se realizó una demostración de las distintas funcionalidades y características de las herramientas a evaluar, que tuvo una duración promedio de 10 minutos.
- 2) Seguidamente, se les explicó a los usuarios las tareas que tenían que realizar según la herramienta a evaluar en cada caso:
 - a. Para la herramienta DESK, los usuarios debían modificar una página web, relacionada con la temática del submarinismo, generada inicialmente por PEGASUS. En concreto, se le pidió al usuario realizar cambios que afectaban a algunos de los componentes que se generaron dinámicamente a través de relaciones específicas de los elemento de contenido a través de las ontologías, con el objetivo de sacar el máximo partido al proceso de ingeniería inversa seguido por la herramienta, y evaluar así la eficacia de la identificación y modificación de los elementos del dominio que dieron lugar a la generación de la página.
 - b. Para el caso de VISQUE, se solicitó a los usuarios realizar una serie de consultas sobre una base de datos de películas, de forma que pudieran explotar las capacidades visuales de la herramienta para llevar a cabo la extracción de la información de la base de datos, en concreto fueron 5 consultas las que se les pidió realizar a los usuarios.

- c. Para el caso de InteraArch, se solicitó a los usuarios elaborar un modelo de contenidos relacionado con el proceso de creación de registros de anuncios de una empresa de productos de segunda mano. En concreto, se les entregó a los usuarios de una maqueta de fidelidad media sacada de uno de los anuncios de la versión impresa de la revista Segunda Mano, y se les solicitó crear el modelo de contenidos utilizando la herramienta InteraArch.

- 3) Finalmente, y después de haber realizado las tareas correspondientes con cada una de ellas, se pidió a los usuarios que completaran un cuestionario para medir la usabilidad de las tres herramientas por separado. Para ello, se utilizó el cuestionario USE [12], con algunas variaciones proporcionadas por el cuestionario de Percepción de Utilidad y Facilidad de Uso de Davis [5], así como el Cuestionario de Usabilidad de Purdue [11]. Cada cuestionario contenía 31 preguntas cerradas para medir las variables relativas a *utilidad* (8), *facilidad de uso* (10), *facilidad de aprendizaje* (6) y *satisfacción* (7) de las herramientas, lo que se corresponde con las 4 dimensiones medidas para la estimación de la usabilidad. Cada pregunta se evaluó en una escala entre 1 (mínimo) y 10 (máximo). Además, se incluyeron preguntas abiertas enfocadas a obtener información sobre aspectos tanto positivos como negativos de las tres herramientas evaluadas.

3.2 Resultados Obtenidos

En la Figura 5 se muestra un gráfico con los resultados de la percepción de usabilidad de los usuarios en base a la experiencia realizada a partir de los resultados obtenidos del cuestionario de usabilidad para cada herramienta. El gráfico de barras representa los valores medios obtenidos para cada dimensión, además se incluye la barra de error ($\pm \sigma$) para cada dimensión analizada. Se muestra, de forma comparativa, los valores para las tres herramientas en distintos colores.

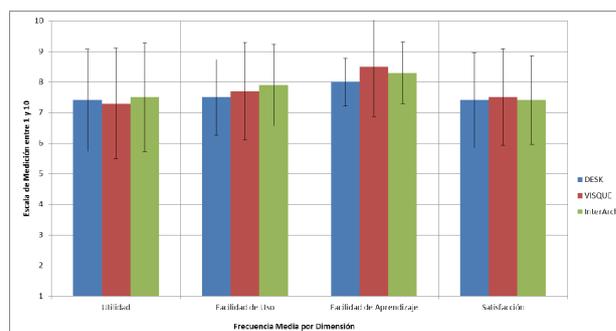


Figura 5. Usabilidad de las Herramientas DESK, VISQUE e InteraArch. Valores medios y errores ($\pm \sigma$) por dimensión en una escala entre 1 (mínimo) y 10 (máximo).

Como se puede observar en la Figura 5, la variable *facilidad de aprendizaje* es la que obtiene la puntuación promedio más alta de toda la muestra para las tres herramientas analizadas, con una media superior a 8 en ambos casos. La variable de *facilidad de uso* obtiene el segundo promedio más alto de las puntuaciones medidas, superior en todos los casos a 7.6. Le sigue la variable *utilidad*, que obtiene una puntuación promedio superior a 7.2 en todos los casos. Finalmente, la variable *satisfacción* obtuvo un promedio superior a 7.3 para las tres herramientas analizadas. En

general, las tres herramientas obtuvieron medidas muy similares en cuanto a las dimensiones de usabilidad analizadas.

En términos generales, se puede decir que el promedio de las puntuaciones de toda la muestra es de 7.7, para las tres herramientas, con una desviación estándar promedio de 1.4. Destaca el hecho de que todas las variables obtienen puntuaciones superiores a 7, con lo cual esta medida se puede considerar como un buen indicador de la usabilidad general de las herramientas, en base a la percepción de los usuarios.

Por otro lado, se estudió el grado de correlación entre las distintas dimensiones de usabilidad de las herramientas. Para ello, se calculó el coeficiente de correlación entre las variables medidas. Este análisis tiene como objetivo medir el grado de intensidad lineal de vinculación entre las variables. Para llevar a cabo este cálculo, primero se elaboró una matriz de correlación para estudiar la correlación de todas las variables y así poder seleccionar las variables que estaban más correlacionadas. A continuación, se crearon graficas de dispersión de las puntuaciones promedio de cada una de las variables seleccionadas, confrontando las puntuaciones unas con otras, y calculando el coeficiente de correlación lineal (R^2). A ese respecto, se encontraron algunas correlaciones interesantes en las herramientas VISQUE e InterArch que se comentan a continuación.

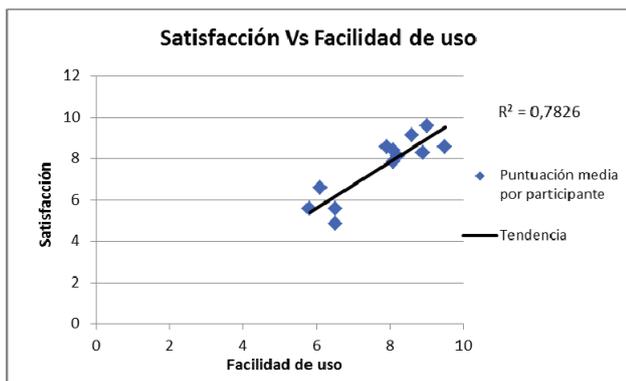


Figura 6. Correlación entre las variables *satisfacción* y *facilidad de uso* en la herramienta VISQUE.

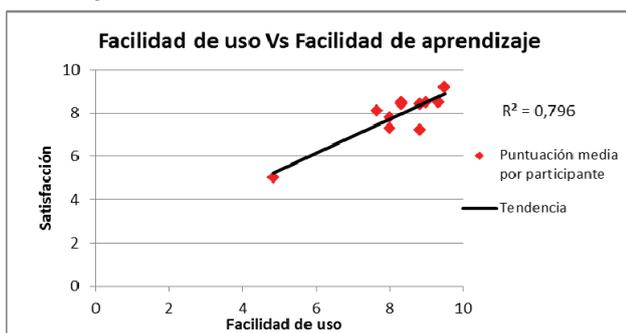


Figura 7. Correlación entre las variables *facilidad de uso* y *facilidad de aprendizaje* en la herramienta InterArch.

La Figura 6 muestra la correlación más alta encontrada para la herramienta VISQUE, que fue entre las variables *satisfacción* y *facilidad de uso*. Como se puede observar en la gráfica, el ajuste lineal reporta un coeficiente de correlación entre las dos variables de $R^2 = 0,7826$, indicando que existe una correlación positiva entre la percepción que tienen los usuarios de la facilidad de uso y

su satisfacción en el uso de la herramienta que aumenta según la herramienta es más sencilla de utilizar.

En el caso de la herramienta InterArch (Figura 7), la correlación más alta encontrada fue entre las variables de *facilidad de uso* y *facilidad de aprendizaje*, con un coeficiente de correlación lineal positivo entre las variables de $R^2 = 0.796$. Como se puede observar, la mayor parte de los usuarios manifiesta niveles altos de conformidad en cuanto a las cualidades de facilidad de uso de la herramienta. Esto se ve incrementado en la medida en que la herramienta ofrece mayores facilidades de aprendizaje.

Con respecto a las tomas de audio y video de las sesiones experimentales, los resultados han permitido analizar las herramientas de forma más exhaustiva, obteniendo información valiosa respecto a cómo los usuarios las utilizan. Por ejemplo, en el caso de DESK, los usuarios realizaron sin dificultades las tareas de edición propuestas, demostrando la herramienta un proceso correcto de inferencia en todos los casos. Los usuarios utilizaron la herramienta de forma similar a cómo lo hacen habitualmente en otros editores web, pero sacando partido al hecho de modificar enlaces entre contenidos para variar las relaciones entre los elementos de contenido en las ontologías del dominio. En el caso de VISQUE, en general la mayoría de los usuarios realizaron correctamente y de forma intuitiva las consultas, encontrando la herramienta, así como la metáfora visual y el método de interacción, útiles para la construcción de las consultas, y aprovechando las facilidades para crear consultas más complejas mediante operaciones visuales sobre conjuntos. Finalmente, en el caso de InterArch, los usuarios optaron mayoritariamente por utilizar funcionalidades visuales como seleccionar y arrastrar sobre los elementos de contenido creados (aprovechando mecanismos de herencia). No obstante, se detectó que esta funcionalidad presenta cierta dificultad en su manipulación, y que los usuarios necesitaban efectuar varios intentos antes de conseguir de forma exitosa lo que querían. Esto permitió detectar la necesidad de contar con más opciones de acceso directo y definir una organización que permita conseguir una consecución más ágil para alcanzar las opciones que requieren los usuarios.

4. CONCLUSIONES

Hoy en día, muchos usuarios no programadores han tomado un papel activo en la computación tradicional, construyendo y personalizando artefactos software para resolver problemas cotidianos. Esto corrobora que la computación actual está centrada en lo que los usuarios pueden hacer con los ordenadores, a diferencia de la computación tradicional donde lo importante era lo que los ordenadores podían hacer por sí mismos [23].

Este hecho ha provocado que surjan tendencias orientadas a transformar al usuario final en programador o diseñador de proyectos software, lo que puede desequilibrar las competencias profesionales, introducir cierto factor de riesgo y producir un impacto socio-económico importante. El trabajo que se presenta apuesta por las técnicas y herramientas basadas en el Desarrollo por el Usuario Final, lo que permite potenciar los principios de diseño, llegando a un compromiso aceptable entre utilidad y usabilidad, potenciando técnicas relacionadas con la interacción que permitan asistir al usuario final en las tareas más complejas, en vez de que éste acabe programando y/o gestionando sus propios proyectos software. Se trata, por tanto, de que los usuarios puedan diseñar o personalizar fácilmente nuevas aplicaciones, a la vez que los expertos realizan las partes más complejas (componentes, extensiones, herramientas de desarrollo, etc.),

buscando un equilibrio que permita optimizar las competencias de ambos colectivos. Este aspecto provoca un cambio de tendencia que desplaza a los actuales diseños desde el concepto de «facilidad de uso» (*easy-to-use*) hasta el concepto de «facilidad para el desarrollo de aplicaciones software interactivas» (*easy-to-develop interactive software systems*) [14].

Para llevar a cabo este objetivo, en este artículo se proponen tres herramientas basadas en este paradigma y orientadas al usuario final, experto en su dominio, que permiten diseñar y customizar artefactos software fácilmente por parte de usuarios no expertos en programación. Estas herramientas permiten la creación de contenidos y elementos que ayudan en la construcción de software, como es la autoría de páginas web dinámicas, la gestión de la arquitectura de la información, y la construcción de consultas complejas sobre bases de datos sin la necesidad de conocer SQL. Las tres herramientas aportan un lenguaje visual de manipulación fácil y directo en el dominio del análisis o del problema enfocado al usuario final, generando automáticamente la herramienta los elementos programáticos necesarios – modificaciones sobre ontologías del dominio, código SQL y diagramas UML, en el dominio de la solución.

Las tres herramientas han sido evaluadas, obteniendo resultados aceptables de usabilidad, con la idea de garantizar un compromiso aceptable entre usuarios y diseñadores, apostando por una disminución del riesgo y una solución a ciertos problemas de usabilidad actuales que tienen un impacto socio-económico importante.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido subvencionada por el Ministerio de Educación, proyectos TIN2011-24139 y TIN2011-15009-E.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bastide R., Palanque, P.: A visual and Formal Glue between Application and Interaction. *International Journal of Visual Language and Computing*. Academia Press Vol. 10, No. 5, pp. 481-507, 1999.
- [2] Bergman, L., Lau, T., Castelli, V., Oblinger, D.: Personal Wizards: collaborative end-user programming. *Proceedings of the End User Development Workshop at CHI'2003 Conference*. Ft. Lauderdale, Florida, USA. April 5-10, 2003.
- [3] Borges, C.R. and Macías, J.A. Feasible Database Querying Using a Visual End-User Approach. *Proceedings of the 2010 ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS 2010)*, Berlin, Germany, 19-23 June 2010, pp. 187-192.
- [4] Castells, P. Macías, J.A. An Adaptive Hypermedia Presentation Modeling System for Custom Knowledge Representations. *Proceedings of WebNet 2001 - World Conference on the WWW and Internet*. Orlando, Florida; October 23-27, pp. 148-153, 2001.
- [5] Davis, F.D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, 1989, no. 13, pp. 319-340.
- [6] Dey, A.K., Shon, T.: Supporting End User Programming of Context-Aware Applications. *Proceedings of the End User Development Workshop at CHI'2003 Conference*. Ft. Lauderdale, Florida, USA. April 5-10, 2003.
- [7] EUSES Consortium: <http://eusesconsortium.org>
- [8] Klann, M.; Fit, F.: End-User Development. D1.1 Roadmap. *Proceedings of the End User Development Workshop at CHI Conference*. Ft. Lauderdale, Florida, USA. April 5-10, 2003.
- [9] Lieberman, H. (ed): *Your Wish is my Command. Programming By Example*. Morgan Kaufmann Publishers. Academic Press, USA. 2001.
- [10] Lieberman, H., Paternò, F., and Wulf, V. (eds). *End-User Development*. HCI Series. Springer Verlag, 2006.
- [11] Lin, H.Y.: A Proposed Index of Usability: A Method for Comparing the Relative Usability of Different Software Systems. *Behaviour and Information Technology*, 1997, no. 16, pp. 267-278.
- [12] Lund, A.: *Measuring Usability with the USE Questionnaire, Usability and User Experience*. Special Interest Group 8, 2001.
- [13] Macías, J.A. Intelligent Assistance in Authoring Dynamically-Generated Web Interfaces. *World Wide Web Journal*. Springer. Volume 11, Number 2, pp. 253-286, 2008.
- [14] Macías, J.A. and Paternò, F. Customization of Web Applications through an Intelligent Environment Exploiting Logical Interface Descriptions. *Interacting with Computers – The Interdisciplinary Journal of Human-Computer Interaction*. Elsevier. Volume 20, Issue 1, pp. 29-47, 2008.
- [15] Mori, G., Paternò, F., Santoro, C.: CTTE: Support for Developing and Analysing Task Models for Interactive System Design. *IEEE Transactions on Software Engineering*. IEEE Press. Vol. 28, No. 8, pp. 797-813, 2002.
- [16] Navarre, D., Palanque, P., Bastide, R. Sy, O.: Structuring interactive systems specifications for executability and prototypability. *7th Eurographics workshop on Design, Specification and Verification of Interactive Systems, DSV-IS'2000*; Springer Verlag LNCS. N° 1946, 2000.
- [17] Network of Excellence on End-User Development (EUD-Net). <http://giove.cnuce.cnr.it/eud-net.htm>.
- [18] Nielsen, J.: *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- [19] Paganelli, L., Paternò, F.: Automatic Reconstruction of the Underlying Interaction Design of Web Applications, *Proceedings of SEKE Conference*, pp. 439-445, 2002.
- [20] Repenning, A.: The Pragmatic Web: Customizable Web Applications. *Proceedings of the End User Development Workshop at CHI'2003 Conference*. Ft. Lauderdale, Florida, USA. April 5-10, 2003.
- [21] Rojas, L.A. y Macías, J.A. Soporte para el Análisis de la Arquitectura de la Información en Aplicaciones Web. *Revista Faz*, no. 5, enero de 2012, pp.10-27.
- [22] Scaffidi, C., Shaw, M. and Myers, B.: Estimating the Numbers of End Users and End User Programmers. *Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC'05)*.
- [23] Shneiderman, B.: *Leonardo's Laptop*. The MIT Press, 2003.

Combining InterMod Agile Methodology with Usability Engineering in a Mobile Application Development

Begoña Losada, Maite Urretavizcaya

Universidad del País Vasco
Paseo Manuel de Lardizabal 1
20018 Donostia-San Sebastián
+34 943 015025/015053

Juan-Miguel López-Gil

Universidad del País Vasco
C/Nieves Cano 12
01006 Vitoria-Gasteiz
+34 945014057

Isabel Fernández-Castro

Universidad del País Vasco
Paseo Manuel de Lardizabal 1
20018 Donostia-San Sebastián
+34 943 018054

{b.losada, maite.urretavizcaya, juanmiguel.lopez, isabel.fernandez}@ehu.es

ABSTRACT

This paper focuses on applying usability engineering in the agile methodology called InterMod. The aim of InterMod is to help with the accurate development of high-quality interactive software. This is realized by means of software engineering model-driven activities and continuous assessment in which some usability evaluation techniques have been suitably integrated. The approach here presented has been used in the development process of a mobile application. So, we have proved it is possible to appropriately integrate usability evaluation techniques in agile methodologies, such as InterMod. Furthermore, improvements have been produced since early steps of the development process. On the one hand this integration promotes a development tailored to users' expectations; on the other hand it helps to plan the agile process of activities.

Categories and Subject Descriptors

D.2.10 [Software Engineering]: Design – Methodologies

General Terms

Design.

Keywords

Agile development methodologies, software development, usability engineering

1. INTRODUCTION

User Centred Design (UCD) is an approach to interactive product development that involves users throughout the design and development processes, seeking to optimize the computer system's usability [1]. Particularly, UCD classical usability engineering methods [2][3][4] introduce explicit usability goals into the development process, and gather requirements in a major up-front specification effort. The requirements are collected before the developing iterations begin, although they can be updated later. These methods also propose the evaluation as an essential part that must begin as soon as possible in the development process [5].

Interactive systems involve different and special aspects related

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

to Human-Computer Interaction issues [6] that demand improvements in the standard software life cycle. These systems must be observed and evaluated in order to determine how the interactions with users are, and so, how to make systems more usable [6]. On the other hand, their peculiarities make nearly impossible to define a complete set of permanent user requirements. Classical development processes are based on a complete specification of software requirements that, later, leads to design, implement and test systems; anyhow this focus is not adequate for agile software development [7].

Agile software Development (AD) arose from the need of uncovering better ways of developing software [8]. AD is an alternative to traditional software development approaches that emerged after their failures in numerous projects. A failure in a project may not only imply its cancellation or late delivery, but also the final product may not meet its expectations [9], and so it may never be used. AD processes adapt to quick project changes and promotes the incremental software delivery in short time periods. Therefore, there is an evolutionary requirement analysis instead of an overall collection before implementation. Agile methodologies share some crucial needs with usability engineering: iterative process, human-centred focus and continuous testing, but generally lack of proper support for usability engineering methods. Proposals have been made for this concern [10][11][12], but adequately combining both approaches is still difficult.

This article focuses on checking the validity of applying usability engineering in agile development methodologies. The work has been based on employing usability engineering evaluation techniques in the agile methodology InterMod, and has been validated by using it in a mobile application development. The concrete usability techniques to be used at each iteration were determined by the development team throughout the development process. We have proven that integrating usability evaluation techniques produce verifiable improvements regarding the development process.

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 details InterMod agile software methodology. Section 3 describes the development of *FindMyPlace* mobile application, in which InterMod and usability evaluation techniques were applied. Section 4 includes the lessons learned from *FindMyPlace* development process. Finally, we draw some conclusions.

2. INTERMOD METHODOLOGY

InterMod is an agile methodology that aims to help with the accurate development of high-quality interactive software [13]. Agile methods differ from predictive software development processes as they provide a dynamic adaptation to the new

contexts arising during the project execution. So, agile methods emphasize [8] on continuously improving and adding functionality throughout the project life. However, the need of delivering pieces of working software could provoke neglecting the organized development of the interface. Hence, solving these issues becomes a main purpose of the InterMod methodology. It proposes interactive software development based on models generated and evaluated during the project following the Model Driven Architecture by the Object Management Group [14].

InterMod proposes to organise the project as a series of iterations (see section 2.1), just as the agile methodologies do, and to distribute the work in iterations according to the different activities of the User Objectives. This process can be carried out in parallel by different workgroups. According to our philosophy, a *User Objective* (UO henceforth) is a user desire (e.g., “buying safely a custom t-shirt” or “reserving a meeting room in a workplace using my mobile phone”) that can be achieved by one or more user functionalities. A UO can fit in one or more functional and/or non-functional requirements.

On the other hand, the iteration activities can be Developmental Activities or Integration Activities. Three Developmental Activities (DAs) are associated with each UO: *Analysis and Navigation Design* (DA-1), *Interface Building* (DA-2) and *Business-Logic Coding* (DA-3). Furthermore, three Integration Activities (IAs) assure the correct incremental progress of the project: *Requirement Models Integration* (IA-1), *Interface Integration* (IA-2) and *Code Integration & Refactoring* (IA-3).

All developmental and integration activities are model-driven with a continuous evaluation. Particularly, DA-1 and IA-1 activities deal with the *Requirements Model* (M-1) that includes the *Semantically Enriched Human-Computer Interaction* (SE-HCI) model (see section 2.2). DA-2 creates the *Presentation Model* (M-2) for a UO that has been previously designed and evaluated; and IA-2 integrates the M-2 of fused UOs. The M-2 of a specific UO settles the graphical elements and other characteristics gathered from the M-1. Finally, DA-3 and IA-3 deal with the *Functionality Model* (M-3) that guides the implementation in a particular programming language. For a concrete UO_i, this model inherits the behaviour characteristics from the M-1 of this UO_i (more details in [13]).

2.1 Agile Development Process

InterMod (Figure 1.) starts with an initial step and continues with a sequence of iterations. So, at the beginning of the project the step0-“Analyse the Overall Project” takes place. Each iteration involves three steps: step1.i-“Build the User Objectives List”, step2.i-“Plan Parallel Iteration”, and step3.i-“Perform Iteration Activities”, where *i* is the *i*-th iteration. These steps make possible to coherently fragment the project in UOs, and these in DAs and/or IAs. Each activity is driven by models, and these models may be created in parallel for different UOs and/or different activities. The application evolves through the results obtained incrementally by different teams along the iterations. Some aspects of InterMod, including its steps and issues related to user-centred design and agile and model-driven development, are briefly described next.

Step0- Analyse the Overall Project

The initial analysis of the whole project determines: (a) the starting UOs, and (b) the general design decisions.

The starting UOs will be those most important or needed by the end users. Besides, it is important to draw up the models that

help to collect the defining characteristics of the system type (e.g., device type, operating system, window size, colour, etc.), and those of the user (e.g., colour preferences, font, size, limitations such as colour blindness, deafness, vision loss, etc.). These characteristics are collected in the *System Model* and the *User Model* respectively. But to provide a global view of the application, general design decisions must be taken also on different aspects like navigation, presentation and behaviour. All developments in the project will inherit, supplement or extend these models and design decisions in order to ensure coherence with the system characteristics, and with the users’ needs and preferences throughout the entire application.

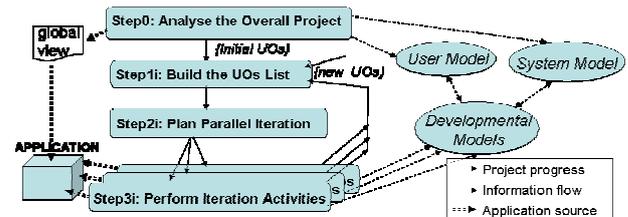


Figure 1. InterMod methodology

Step1.i - Build the User Objectives List

The application requirements are incrementally collected during the progressive construction of the UOs List. Each iteration updates the UOs List with the new UOs derived either from the new needs of the project or from previous UO developments. It is possible that a UO breaks down into two or more new UOs because of its complexity. But also, some UOs may be merged in one new integrated or fusion UO because of its simplicity or dependency. That is, the UOs List may be modified in the sense of AD [9] after the different evaluations undertaken by the stakeholders, and by continuous meetings among members of the same and different teams (including end users).

Step2.i - Plan Parallel Iteration

The project's progress is decided at each iteration: UOs and activities to be conducted and allocation of activities to teams. So, this step decides three aspects for the current iteration:

- *What UOs to develop.* It is necessary to select the UOs to be developed from the UOs List obtained in step1.i.
- *What activities to realize for those UOs.* Taking into account the selected UOs, the developmental and/or integration activities to be completed in this iteration are chosen.
- *How to distribute the activities to the workgroups.* The chosen activities are distributed amongst the project's teams.

At each iteration, the teams work in parallel on their activities, which can be DA and/or IA depending on the previously taken decision. However, some activity planning rules must be considered to ensure consistency between the overall project and UCD fundamentals. Each UO is developed by producing three types of developmental models (M-1, M-2 and M-3), which may be created by DAs or IAs. However, some prerequisite relationships for a concrete UO_i must be established. Just as UCD recommends, before coding a relevant UO, its interface must be validated. However, unlike UCD, it is not required that the complete application interface be developed before moving to the implementation of the business logic; instead this approach stays framed in the development of one or several UO groups.

For the UOi in the UOs List, the DAs to be planned is constrained by: $DA-1(i) < DA-2(i) < DA-3(i)$ (where “<” is a precedence relation). That is:

- DA-1(i) is the first activity to develop for UOi.
- DA-2(i) or DA-3(i) can be performed when its previous activity (DA-1(i) or DA-2(i)) respectively is done.

Likewise, the correct development of an Integration Activity(IA) is controlled by some constraints. Thus, it is possible to carry out a IA-k, $k \in (1..3)$, for some UOs if two conditions are met:

- The UOs involved in the integration are fused in a new derived UO, and
- The k developmental activities are done for all fused UOs.

Step3.i – Perform Activities of the Iteration

As it was explained before, there is a direct relationship between activities and models:

a. DA-1 and IA-1 create M-1 model; DA-2 and IA-2 produce M2 model; and, finally, DA-3 and IA-3 build the M-3 model.

Other relationships are also derived from dividing a UO or fusing some UOs:

- b. When an IA-k is performed for some fused UOs, the DA-k for this derived fusion UO is considered already performed (because M-k is already created).
- c. When a DA-k is performed for a fusion UO, it is assumed that the M-k of all fused UOs have been created (as a part of the fusion model), and therefore the DA-k for these UOs are considered already performed.
- d. When a UOi is divided into new UOs and the M-k of the UOi is already created, the M-k models of the new divided UOs already exist (as a part of the UOi model) and the DA-k for these divided UOs are also considered already performed.

2.2 SE-HCI model: support for the project requirements

The requirements model includes the *User Task* and *Semantically Enriched Human-Computer Interaction (SE-HCI) Models*. The *User Task Model* is a classic element in Model-Based User Interface Development [15][16][17] and describes the user’s performance in completing each UO. The SE-HCI model (Figure 2.) is the core of InterMod methodology.

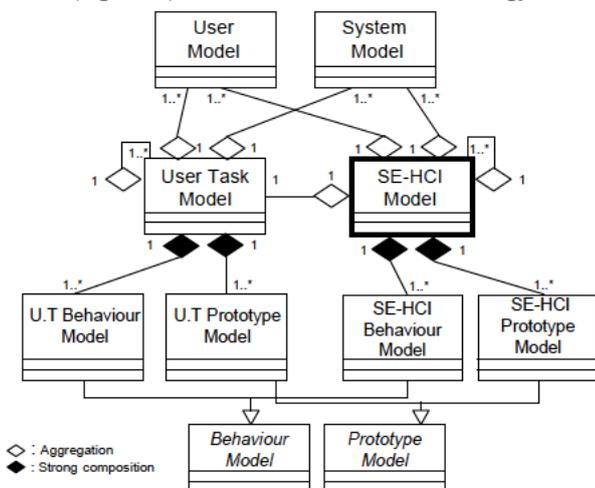


Figure 2. The SE-HCI Model

It is an abstract description constructed over the *User Task Model* and incorporates information from the *User* and *System Models*. It also describes:

- (1) The interactions that users and system can carry out at the user interface level [15] and their possible temporal relationships.
- (2) The incorrect interactions of the application through interface navigation. So they define, together with the correct ones obtained from the *Behaviour Model* of the *User Task Model*, the semantic of the application.
- (3) The basic characteristics -gathered in the *Prototype Model* (colours, sections, button types, etc.)- that draw a basic appearance of the application.

The *Prototype* and *Behaviour Models* provide the SE-HCI model with enough information to generate prototypes automatically. From this point, designers, users and developers can carry out the evaluation jointly.

3. APPLYING USABILITY EVALUATION TECHNIQUES IN INTERMOD

All development activities require adequate evaluation processes regarding the created models. From early stages of the development process, a multidisciplinary group must perform these processes. In fact, end users must be present since the beginning of the project (step0).

FindMyPlace is a mobile application devoted to help users to find physical locations in closed scenarios. It uses the building plans of a computer science school and its surrounding area maps. It allows locating different zones inside the building, such as classrooms, laboratories, faculty offices, seminars, etc. The application makes use of GPS and Indoor Triangulation technologies to achieve this aim.

The next subsections describe, first, the main usability evaluation techniques and, then, the development process of *FindMyPlace* system and the usability evaluation techniques applied at each iteration. The steps of the InterMod methodology defined in the previous section are used to describe, iteration by iteration, the development process.

3.1 Usability evaluation techniques

Nielsen [4] defines the Usability Engineering discipline as a software engineering process that includes usability considerations in software development process. Concerning the software life cycle, one of the important features of usability engineering is the inclusion of a usability specification. So, the specification of requirements must concentrate also on features of the user-system interaction that contribute to the product usability [6].

Concerning the system evaluation, this discipline requires that the usability of system be evaluated by experts supported by proper usability methods. Nielsen and Mack [18] provide a good review of them. Usability evaluation techniques can be applied since early stages of the system development process [2]. These techniques can be classified as inspection, inquiry and test methods [6].

Inspection methods involve usability experts and/or end users in the user interface evaluation process. Many inspection methods must be applied in the early software life cycle stages over the first obtained prototypes, but some of them can also be used to address the overall system usability concerning the final prototype. These kinds of methods include heuristic evaluation

[19] or cognitive walkthrough [20], which serve as a source of feedback to improve elements of the user interface.

Inquiry methods can be used to obtain information about users' desires, needs, comprehension of the system, etc. Anyway, user's satisfaction is a typical usage. This information is essential in early development stages. These kinds of methods are carried out by talking to users, by observing them or by letting them answer questions verbally or in written form. Inquiry methods include questionnaires, unstructured and structured interview, focus groups or field observation [18], among others.

Finally, *test-based methods* analyse how interfaces support users when carrying out their tasks. Typically, representative users perform specific tasks using the system (or prototype) and evaluators observe and collect interaction data. The most representative test methods are the thinking aloud protocol [21], the performance measurement [22] and the coaching method [4].

3.2 Step0- Analyse the Overall Project

The collaboration of a group of future users is fundamental to determine the starting UOs. UOs are gathered from the information obtained by means of usability engineering methods. Selection criteria are based on discovering which features are needed and their priorities. In this sense, a first work meeting was held among the project members to establish the scope of the application and define an initial set of possible user needs. The following issues were determined in this meeting:

Technology: It was initially decided that the application should be developed for the Android mobile platform.

Project developers: Four people were involved in the project development and organized in two teams: 1st team included one software developer and one designer, and 2nd team incorporated two testers to perform evaluation activities.

System model: Style guidelines for Android were assumed to design the user interface elements. No other initial restrictions were made about the user interface.

User model: Although the intended application is potentially useful for a wide range of users, students in their first year of college were considered the group with greater needs. All possible end users of the application were Spanish speakers. Other user characteristics have been defined: the type of mobile phone (Smartphone or basic phone), the mobile phone platform (e.g. Android), Internet connection and the use of maps in their mobile phones.

Initial user needs: A total of 13 initial and possible user needs were defined for the application.

Project members agreed to prepare a user session to obtain information for identifying those UOs that should be taken into account to develop the application. The session had to be performed with users matching the specified user model.

All information about the end user session, carried out one week later, is explained below:

Objectives: To obtain information about the end users, their needs and priorities. Based on this information, the initial list of UOs would be defined to begin the development process of *FindMyPlace* application.

Participants: 20 volunteers participated in the user session. All of them were students of the first course of Computer Science and were selected as possible end users of the application. Besides, all project members attended also the meeting to answer the users' possible doubts.

Technique and Instruments: In this case, an inquiry-based technique was used. The use of questionnaires was selected for

recording the users' written opinions [2]. The number of users in the session and the fact that we wanted them to express their opinions freely without interference from other users were also factors considered to select this technique.

The questionnaire was developed as a GoogleDocs form. It was divided in different parts:

- Users' characteristics recover information about [2]: Internet connection in the mobile phone, use of Smartphone or basic phone, use of GPS with the phone, etc.
- Open questionnaire collects all possible features users would like the intended application to have by means of a text box.
- Structured questionnaire about the 13 possible user needs proposed by the project members. Users had to evaluate each need by providing the agreement degree and priority. Both of them were measured by using Likert scales.

Procedure: Students were invited to perform the questionnaire all at once. At the beginning of the meeting, students received a brief explanation of the *FindMyPlace* purpose. The overall process of the session and the different parts of the questionnaire were also exposed. Finally, they were encouraged to ask any question about the fulfilment of the questionnaire, which would be answered by the members of the development team that were present at the laboratory.

The whole process lasted for approximately 20 minutes.

Results: The results of the user session let us to classify the end users: 80% of them had mobile phones with Internet connection, 70% had Smartphone and 45% used routinely or occasionally maps in their mobile phones. 60% of users had Android platform, what confirmed its selection as the application platform.

On the other hand, the session provided also other valuable information about user needs and new aspects to consider in the application. A second development team meeting was performed to analyse the information provided by users in which functional and non-functional desires were extracted. The identified non-functional desires included: *the location should be as exact as possible, the application must be easy to use, the application must consume little power, and the menus must be simple and attractive*. These were taken into account to be integrated within the corresponding functional desires.

A list with five initial UOs for the application was obtained. All UOs have the same priority at the beginning of the development process. Each UO is numbered consecutively and defined with a name and a brief description (**UO_i-name**: description). The first UOs are:

- **UO1-Guiding to a given location:** The application should be able of guiding a user towards a given location inside the building. The use of GPS is necessary for this purpose.
- **UO2-Showing spaces distribution in the building plan at different levels of detail:** It should show all floors of the building and their distributions with zoom possibilities.
- **{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}**. These three UOs were derived from the necessity of the students to locate teacher's offices, laboratories, classrooms, and any other not previously considered locations, e.g. library, photocopying service, cafeteria, etc.

In addition, the global view of the application was based on the finding options: "People", "Building Plan" and "GPS Guide".

3.3 Iteration1

Step1.1- Build the UOs List

In this first iteration of the development process, the project members included the initial five UOs in UOs List:

UOs List = {UO1, UO2, UO3, UO4, UO5}

Step2.1- Plan Parallel Iteration

The need to work with GPS and building plans made us to focus on UO1 (GPS) and UO2 (building plans). For this iteration, the development activity “DA-1: Analysis and Navigation Design” was established (the only one possible). As only the models M-1(1) and M-1(2) were to be created (by DA-1(1) and DA-1(2) respectively), it was decided they were evaluated only by the 2nd team experts: $\text{Plan} = \{1^{\text{st}} \text{ team- [DA-1(1), DA-1(2)], 2^{\text{nd}} \text{ team- [Evaluation M-1(1, 2)]}\}$

Step3.1- Perform Iteration Activities

The DA-1 activity developed by UO1 and UO2 deals with the M-1.Requirements Model. The navigation diagrams for both UOs were designed using the Diagram Tool [23]. Diagram allows creating and visualizing graphically the SE-HCI model and automatically generates prototypes ready to be evaluated. These prototypes simulate some system features such as navigation, behaviour and presentation.

Figure 3. displays the two possible ways to achieve UO1, as it was previously decided: “GPS Guide” (left branch) and “People” (right branch). The first identifies a direct path: to select the type of location- teacher’s office, laboratory, classroom, etc.- and to indicate location name. The UO1 SE-HCI model reflects the system response in the leaves of the diagram. On the other hand, UO2 has only one access way from the “Building Plan” option.

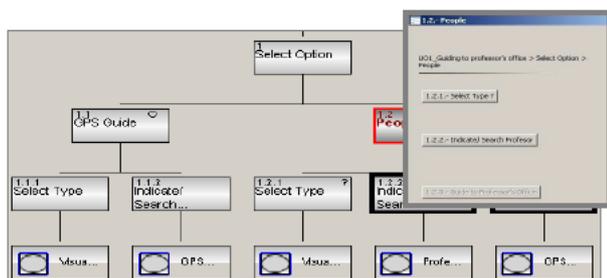


Figure 3. The SE-HCI model for UO1 built with Diagram Tool

The models were evaluated by means of the Diagram-generated prototypes (Figure 3.). The evaluators performed the tasks included in the SE-HCI Diagram for both UOs, and they expressed their opinions according to the Thinking Aloud technique [21]. Several problematic aspects related with the terminology used in the interface were identified, especially for UO1. After UO1 related problems were corrected, the 2nd team proposed an evaluation with end users for a future iteration, probably involving more UOs. Besides, the need of using other kinds of prototypes when performing evaluation with end users in later iterations was detected. So, although the evaluation of M-1(1), was not adequately overcome, M-1(2) was properly created.

3.4 Iteration 2

Step1.2- Build the UOs List

In this second iteration, besides the objectives of the first iteration, it was decided to split UO2 into two new derived UOs, i.e. UO6 and UO7. There is a zoom capability associated with UO2 navigation design that required a significant development

effort as no specific libraries were found to perform it. The new UOs are:

- **UO6-Showing the distribution of spaces in the building plan:** The user wants to see on a building plan the whole set of spaces considering all different floors.
- **UO7-Zoom-ing on the building plan:** The user wants to see building plans in more detail and to move on them.

So, the UOs List for this iteration is:

UOs List = UOs List (iteration1) + {UO6, UO7}

Step2.2- Plan Parallel Iteration

After the working meeting of this iteration, it was determined to work on the DA-1 of {UO3, UO4, UO5}. The SE-HCI model was created for them, as it was made in Iteration1. But, in this iteration, the evaluation of created models was performed: first, by the 2nd team in the Diagram prototypes and second, by end-users with paper prototypes [2]. Paper prototypes were chosen, as their appearance resembles that of a mobile phone in more accurate form than prototypes created by Diagram. Furthermore, using paper prototypes allowed us to retake UO1 and include it in the evaluation process performed in this iteration. On the other hand, it was decided to perform development activities “DA-2: Interface Building” and “DA-3: Business-Logic Coding” on UO6. The distribution by teams was:

$\text{Plan} = \{1^{\text{st}} \text{ team- [DA-2(6)→ DA-3(6), DA-1(3,4,5)], 2^{\text{nd}} \text{ team- [Evaluation M-1(3, 4, 5), M-1(1)]}\}$

Step3.2- Perform Iteration Activities

The 1st team performed DA-2(6) and then DA-3(6), which implied developing a working prototype that included the functionality of UO6. The evaluation of UO6 models was performed by 1st and 2nd teams with a Samsung Galaxy S mobile phone. No evaluation with end users was made so far, because UO6 is only part of UO2, which is a direct user desire. The building plans were observed correctly and the movements of the fingers on the screen made possible to effectively select the building floor to display.

The 1st team designed also M-1 for UO3, UO4 and UO5, and the obtained navigation diagrams were evaluated by 2nd team by using the thinking aloud technique on the user interfaces generated by Diagram Tool. Then, an end user session was performed to evaluate the correctness of proposed models:

Objectives: Detect possible navigation and interaction problems in the user interface before developing any code.

Participants: 18 volunteers participated (of the initial 20) in the user session. The members of the 2nd team, together with the designer from 1st team, were present to guide the session with users; they also acted as evaluators.

Techniques: We applied different user experience research methods. Paper prototypes [2] were developed for {UO1, UO3, UO4, UO5} based on the information obtained from the evaluation of their navigation designs. Thinking aloud [21], observation and interviews [18] were also used.

Instruments: 2nd team developed a total of 16 screens for the paper prototype. These screens represented the user interfaces for all UOs to be evaluated. They all include the characteristics established in the SE-HCI model regarding navigation, behaviour and several user interface aspects, as it can be seen in the sequence of screens depicted in Figure 4. Passing from one screen to another depended on the actions that users performed on the interface.

All prototypes were developed on a paper sheet template that simulated the user interface of an Android mobile phone. They were bound as a booklet. Three booklets were prepared, one

for each evaluator. A series of post-its were also prepared to simulate the navigation through the prototype properly.

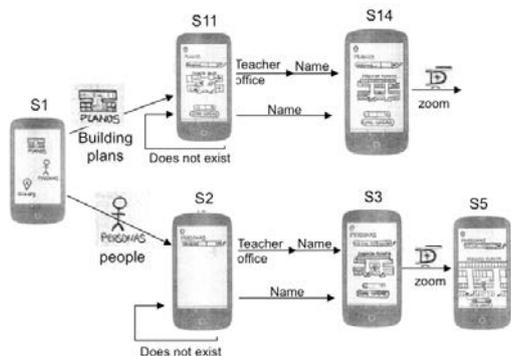


Figure 4. Sequence of paper screens for UO3 navigation

Procedure: An evaluator, close to each user, presented the prototypes booklet to be used and also assumed a simulation function. In this way, he/she could replicate the system responses to user actions by adding post-its on the interface and by navigating through the prototypes properly Figure 5. shows the list of locations in S2 screen added by means of post-its.



Figure 5. Paper prototypes: S2 screen

The evaluators presented a series of User Objectives Scenarios to be performed by the user by means of the proposed interface. The User Objectives Scenario concept derives from the Task Scenarios concept [2] when this is applied to UOs. A scenario is a hypothetical story designed by the tester to help the end user to evaluate a UO through a given situation. Table 1 shows each UO Scenario. The variables X and Y are displayed in scenarios instead of the names of real teachers and laboratories used in the evaluation.

Table 1. Scenarios to check corresponding UO

UO	User Objective Scenarios
1	I am at the hall of the school and I want you to guide me to X teacher's office
3	Show me the X teacher's office in the building plan
4	Show me where Y lab is located in the building plan
5	Show me where cafeteria is located in the building plan

All participants were asked to perform every UO Scenario. The order in which users should perform them was established randomly in order to avoid any possible effect derived from the execution order.

After completing all UO Scenarios, a brief interview was conducted to capture users' opinions about the system and the aspects that could be improved or included. Evaluators observed the users interactions with the interface and made annotations regarding the users' activities. The session lasted for approximately 30 min/user.

Results: Table 2 synthesizes the achievement of the UOs proposed in the UOs Scenarios.

Table 2. Percentage of completion of UO Scenarios

UO1	UO3	UO4	UO5
16,67	88,89	94,44	100

From the obtained data, it derives that UO1 requires a major iterative redesigning process, as most users have not been able to complete it. The possibility to determine this fact in such an early state of the development is a clear advantage that SE-HCI model provides. Anyhow, UOs related to searching specific targets in building plans have been almost completely finished, although minor changes still need to be done.

Apart from efficacy related measures, evaluators also collected data to assess efficiency. Table 3 summarizes them. It must be noted that these data provide information just about efficiency on the Objective Scenarios that were successfully completed by users. In other words, no information regarding unsuccessfully completed UOs Scenarios is included in Table 3. So, as UO1 efficacy results were poor, they have not been included in Table 3.

Table 3. Efficiency measures for the Objective Scenarios

UOs	UO3	UO4	UO5
Non optimal paths followed	6,25	11,76	16,67
Click on incorrect elements inside the correct path	0	1,33	1,00
Incorrect data input	0	1,67	3,00

“Non optimal paths followed” expresses the percentage of users that followed a non-optimal path to fulfil an UO Scenario. The number of clicks that users performed on interface elements belonging to the correct path, but did not lead to the correct fulfilment of the Objective Scenario, was also annotated. Finally, the number of times that users included incorrect data in a textbox was also registered.

Efficiency measures provide valuable information regarding the use of the interface and the aspects that need improvement. For instance, the UO5 Scenario was the scenario for which users introduced more data incorrectly (Table 3), despite being the most effective one (Table 2). Thus, in this case, the efficiency measures indicate the need of improving the user interface, but also prove that it is good enough for users to be able to rewrite the input text adequately when a mistake occurs.

We have also studied possible correlations among the different user profiles and their achievements for every Objective Scenario; and no correlation has been found. This fact is remarkable as it indicates that there is no significant difference among user performances considering the mobile platform, the type of phone and the use of maps.

3.5 Next iterations in development process

The *FindMyPlace* application is still being developed. Although the first two iterations have been done so far, next iterations are currently being planned and developed. It has been decided to

fuse UO3, UO4 and UO5 into UO8; but UO8 has been in turn divided into UO9 and UO10 internal objectives. Figure 6. depicts the progress of the project taking into account the creation of the different UOs.

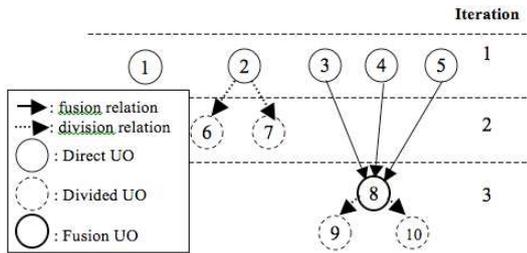


Figure 6. Progress of FindMyPlace by UOs

The new internal UOs are:

- **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 indicated on a building plan.
- **UO9-Visualizing the building plan of the floor where the place X with name Y is located:** The user wants to see the plan of the floor where X-Y is located.
- **UO10-Marking out on the building plan the location X with name Y:** The user wants to see conveniently indicated in the floor plan the X-Y location.

So, UOs List = UOs List (iteration2) + {UO8, UO9, UO10}

Figure 7. illustrates the project progress by showing the carried out activities. DA-2 and DA-3 are currently being developed for UO7. Integration activity IA-1 for {UO3, UO4, UO5} is also being developed, and so M-1(8) is created. The corresponding working plan for the iteration is shown below: Plan = {1st. Team [DA-2(7)→ DA-3(7)], 2nd. Team [IA-1(3, 4, 5), Evaluation(M-1(8), M-2(7), M-3(7))]}.

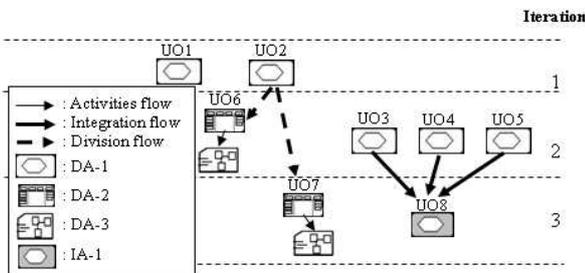


Figure 7. The FindMyPlace progress, activities performed

The whole development process, including its UOs, the DAs and IAs performed, the iteration plan, and so on, are gathered in the project worksheet. Nowadays, it is intended to perform a user test on UO2= fused(UO6, UO7) and UO8=fused(UO9, UO10) once they be completely developed. The evaluation is meant to be performed on a mobile phone with an operational implementation of FindMyPlace.

The evolution of the project is not predictable. In each work meeting, project members will select the best UOs and activities to perform at each point of the development process, taking into account the project's progress and needs. So, different evolutions of UOs are possible.

A series of techniques is intended to be used at next iterations of the development process. On the first hand, heuristic evaluations

[19] will be performed when functional user interfaces be developed (DA-2) for the first time for each UO. The study is aimed to check whether the user interface meets the Android style conventions prior to be proven by end users. Usability tests [4] with end users will be performed once previously identified issues be corrected. Due to the specific characteristics of mobile phones and to detect possible areas for improvement, these tests will be carried out by tracking users' activity on the devices. Rounds of evaluations with end users will be realized periodically, every three or four weeks, as it has been done so far.

4. LESSONS LEARNED

The development of the FindMyPlace application has allowed us to experimentally learn about the possibilities and benefits of incorporating Usability evaluation techniques in agile methodologies. In this sense, the InterMod agile methodology was suitably extended with these techniques, and then applied to develop FindMyPlace from the beginning.

Applying usability evaluation techniques in early stages of the development process has produced two main advantages. (1) Initial list of UOs was obtained prior to the project beginning, and then continuous usability evaluation with end users has promoted a development tailored to users' expectations. In the step0, users revised and evaluated 13 possible user needs defined by the development team and proposed some others not previously foreseen. As a result, a list of 5 UOs was obtained. (2) Paper prototyping has allowed us to detect serious usability problems. Thus, information gathered has been fundamental to take decisions such as not including UO1 in step1.3 of iteration3. Kangas [24] states that paper prototyping is not adequate in mobile phone application development whenever sophisticated interactions are performed, e.g. map zooming or direct manipulation. However, we have proved its validity when it is used in early stages of the development process and it focuses on checking navigation and layout, prior to the system implementation, as it was realized in FindMyPlace application.

Most frequent criticism to agile methodologies is their lack of formality, as obtaining a product seems to have priority over the time invested in its design. However, the SE-HCI model proposed by InterMod includes the formalization of gathered requirements and also promotes an early evaluation. For example, we were able to early detect that UO1 required a major iterative redesigning process, and so we organised the process accordingly. On the other hand, performing evaluations with end users in every step of the process, such as Mayhew suggests [2], would be out of the scope of agile methodologies, since the elapsed time required to define and prepare user tests could be considered opposite to the agile methodologies philosophy. Thus, there must be a balance among agile development and evaluation to mix up both aspects in the development of a project.

The InterMod experience suggests that most evaluations be carried out by a multidisciplinary team composed of end users and members of the development team. We believe it is desirable to include at least one specialist in usability testing. This specialist will design and streamline the assessment process suitably, and will determine the necessary frequency. Usability evaluations must be performed because these processes ensure better decision-making during development processes and avoid wasting time on wrong paths and their subsequent correction. Thus, the adequate monitoring of the project without provoking end user tedium is a challenge.

Project planning organization in different UO activities allows grouping usability evaluations to be performed with end users, without delaying project development. For instance, end user evaluations of M-1(1), M-1(3), M-1(4) and M-1(5) were performed jointly at iteration2. Thanks to Internet and new technologies, performing user evaluation such as tests or fulfilment of questionnaires, may not require direct user observation. Nevertheless, the evaluations with the prototypes should be made in their presence to gather opinions, ideas and impressions.

5. CONCLUSIONS

This article is focused on checking the validity of applying usability engineering in agile development methodologies. The main contributions here presented consist of integrating usability engineering evaluation techniques in InterMod and proving its advantages, benefits and verifiable improvements. It has promoted a development tailored to users' expectations since the beginning of the project and also by involving end users in the continuous usability evaluation. The SE-HCI model proposed by InterMod makes possible to design paper prototypes, and allows detecting serious usability problems in early stages of the development process. In short, performing usability evaluations ensures better decision-making during development processes, and saves time and effort by avoiding wrong paths and their subsequent correction.

InterMod is an agile methodology that aims to help with the accurate development of high quality interactive software. Its main characteristic is to develop interactive software on the basis of models generated and evaluated during the project. In this work it was integrated with a set of usability evaluation techniques, i.e. *questionnaire*, *user-test by paper prototyping*, *thinking aloud*, *observation and interviews*; and the proposal was validated through its use in the *FindMyPlace* mobile application development.

Other interesting result points out the necessity of usability testing specialists to design and streamline suitably the assessment process, and to determine the frequency necessary to ensure the adequate project monitoring.

The project is still active. *Heuristic evaluations* and *user testing* on Smartphones with end users will be performed in the next future. A fully functional version of *FindMyPlace* is expected by July, so it will be used by the beginning of the next academic year, and will allow us to evaluate the overall project.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partially supported by TIN2009-14380 and DFG 157/2009. Authors would like to thank Sergio Jiménez Mateo (our developer) for his helpful suggestions.

7. REFERENCES

- [1] Stone, D. C., Jarrett, M., Woodroffe, S., Minocha. 2005. *User Interface Design and Evaluation*. Morgan Kaufmann
- [2] Mayhew, D.J. 1999. *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner's Handbook for User Interface Design*. Academic Press
- [3] Granollers, T., Lorés, J., Sendín, M., Perdrix, F, 2005. *Integración de la IPO y la ingeniería del software: MPlu+a*. III T. Sis. Hiper. Colaborativos y Adaptativos.
- [4] Nielsen, J. 1993. *Usability Engineering*, Academic Press.
- [5] Granollers, T., Lorés, J., Cañas, J.J. 2005. *Design of user centred interactive systems*. UOC Editorial (In Spanish)
- [6] Dix, A., Finlay, J. E., Abowd, G. D., Beale, R. 2003. *Human-Computer Interaction*. 3rd ed. Prentice Hall.
- [7] Sommerville, I. 2006. *Software Engineering: (Update)*, 8th ed. Addison Wesley
- [8] Beck, K. et al. 2001. *Manifesto for Agile Software Development*. Agile Alliance. Retrieved on July 2012 from: <http://agilemanifesto.org/>
- [9] Larman, C. 2003. *Agile and Iterative Development: A Manager's Guide*. Addison-Wesley Professional.
- [10] Blomkvist, S. 2005. *Towards a model for bridging agile development and user-centered design*. In Seffah, A., Gulliksen, J., Desmarais, M. (eds) *Human-Centered Software Engineering- Integrating usability in the Software Development Lifecycle*. Springer, The Netherlands.
- [11] Constantine L., Lockwood L. 2002. *Usage-centered engineering for web applications*. IEEE Soft. 19(2):42-50.
- [12] Sy D. 2007. *Adapting Usability Investigations for Agile User-Centered Design*. J. Usability Studies, 2(3): 112-132.
- [13] Losada, B., Urretavizcaya, M., Fernández-Castro, I., 2011. *Agile Development of Interactive Software by means of User Objectives*. 6th Int. Conf. on Software Engineering Advances, Barcelona.
- [14] Object Management Group. *Model Driven architecture*. Technical report, 2003. <http://www.omg.org/mda>.
- [15] Paternò, F. 1999. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*, Springer-Verlag London.
- [16] Puerta A. 1997. *A model based interface development environment*, IEEE Soft.Vol.14-4.
- [17] Limbourg Q., Vanderdonck V., Michotte B., Bouillon L. 2005. *USIXML: A Language Supporting Multi-path Development of User Interfaces*. LNCS , 3425, 200—220,.
- [18] Nielsen, J. and Mack, R. 1994. *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons.
- [19] Nielsen, J., Molich, R. 1990. *Heuristic evaluation of user interfaces*, Proc. ACM CHI'90 Conf. pp. 249-256
- [20] Wharton C. et al. 1994. *The cognitive walkthrough method: a practitioner's guide*. In J. Nielsen & R. Mack. *Usability Inspection Methods*. pp. 105-140. John Wiley & Sons
- [21] Lewis, C. H. 1982. *Using the "Thinking Aloud" Method In Cognitive Interface Design* (TR). IBM. RC-9265
- [22] Dumas, J.S. and Redish, J.C. 1993. *A Practical Guide to Usability Testing*, Norwood.
- [23] Losada, B., Urretavizcaya, M., Fernández- Castro, I. 2009. *Requirements analysis as a guide for the process of organising and developing an interactive application*. Int. Ass. Development of the Information Society, pp. 412-416.
- [24] Kangas E. Kinnunen T. *Applying user-centered design to mobile application development*. ACM 48(7): 55-59, 2005

Schema Driven Distributed User Interface Generation

A. Peñalver
Center of Operations
Research University Institute
Miguel Hernández University
Elche, Spain
a.penalver@umh.es

J.J. López
Center of Operations
Research University Institute
Miguel Hernández University
Elche, Spain
jlopez@umh.es

F. Botella
Center of Operations
Research University Institute
Miguel Hernández University
Elche, Spain
federico@umh.es

E. Lazcorreta
Center of Operations
Research University Institute
Miguel Hernández University
Elche, Spain
enrique@umh.es

J.A. Gallud
Interactive Systems
Everywhere
Castilla la Mancha University
Albacete, Spain
Jose.Gallud@uclm.es

ABSTRACT

In the last few years many traditional user interfaces have evolved towards “distributed” user ones. Nowadays, the proliferation of mobile devices with increased functionality and computing power, allows that different interaction elements can be distributed among different devices from different platforms, supporting interaction with one or many users. In this paper we propose a new schema-based definition of Distributed User Interfaces that will allow the specification of the elements to be distributed and will define constraints on the distribution process itself, independently of the language selected to construct the interface. We also introduce here two new definitions to complete the formalization of the definition of the Distributed User Interfaces (DUI). Our previously defined Abstract User Interface (AUI) model jointly with this new schema-based definition of DUIs will lead us to the full specification of the concrete DUIs.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: Miscellaneous

General Terms

Formal Specification, Distributed User Interfaces Generation

Keywords

Distributed User Interfaces, Formal Models, Schemas

1. INTRODUCTION

As long as new surprising devices, supporting new amazing interaction mechanisms have been introduced, the way

people interact with computers (and/or mobile devices) have been changing accordingly. Users can perform different tasks through a wide variety of computational devices ranging from mobile phones, Personal Digital Assistants (PDAs), Internet enabled televisions (WebTV), tablet PCs, laptops or notebooks. New mobile devices allow ubiquitous access to information and services as well as the opportunity to accomplish more and more desktop-related tasks with them, bringing new challenges to the Human-Computer Interaction (HCI) community [5]: (i) applications must be developed and maintained across multiple devices, (ii) consistency between versions for different devices must be guaranteed and (iii) versions must dynamically respond to changes in the environment.

In this context of strong technological growth, the increasing use of different displays managed by several users has improved user interaction. Combining fixed displays with wearable devices allows interaction and collaboration between users when they work together in a common task.

In order to address these new challenges, user interfaces must be described independently of any concrete device. A User Interface Description Language (UIDL) is a formal language allowing to describe a particular user interface independently of any implementation technology [9]. A UIDL should be declarative so that it can be edited manually and it should also be formal to be understood and analyzed automatically by specific software.

A common fundamental assumption of most UIDLs is that UIs are modeled as algebraic or model-theoretic structures including both a set of interaction objects and the behavior over them. Recently, some authors have proposed different UIDLs: UIML [1], [10], useML [19], MariaXML [16], USIXML [12], and XIIML [18]. All of them have pros and cons, due to the goals they are intended mainly. A deep review, discussion and comparative analysis of some of them can be found in [14], [6], [20].

Many UIDLs are based on the XML markup language rendering and describing the graphical user interface and con-

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'12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

trols. In order to strictly define the semantics of such a UIDL, various meta-models have been defined. These meta-models adhere to the principle of separation of concerns and could be classified as context of use (user, platform, environment), task, domain, abstract user interface, concrete user interface, usability and accessibility, workflow, organization, evolution, program, transformation and mapping.

Alternatively, user interfaces as been evolving towards “distributed” user interfaces, offering new interaction possibilities in agreement with new technological proposals. Distributed interfaces allow one or more interaction elements to be distributed over different platforms in order to support interaction between one or many users.

The Abstract User Interface presented in [8] and the formal description technique for developing DUIs presented in [17] allowed us to produce unambiguous descriptions of complex interactions that occur in DUIs (distribution of elements, including communication and distributed interaction), more accurate and understandable than descriptions using only natural language. This method covered a wide range of descriptions from an abstract point of view but lacks the ability to get an automatic implementation in any of the previous UIDLs. Now we have developed a schema-based approach that allows us to automatically construct the concrete distributed user interface (DUI) regardless of the language selected to construct such interface.

This paper is organized as follows. First we review some formal definitions provided in [17], and the AUI model of [8]. New definitions required for the schema definition of the interface are included. Next our schema driven distributed user interface model is presented and discussed. Last section provides conclusions and further work.

2. AUI MODEL FOR DUIS

In this section we first review some formal definitions of distributed user interfaces. In [13] we defined the specification of distributed user interfaces (DUIs) that now we are going to partially reformulate. This formal view covers a wide range of descriptions from the most abstract model to the implementation-oriented models. Formal description techniques can provide us unambiguous descriptions of the interactions inside a DUI (like distribution of elements or communication and distributed interaction). This description of a DUI will be more precise than a description obtained using only natural language. In addition, formal description techniques provide the foundation for the analysis and verification of descriptions. The analysis and formal verification can be applied to specific or abstract properties. Natural language will always be is a good complement to the formal notation for outlining a first idea of description.

2.1 Formal definitions

We can state that the four essential properties of portability, decomposability (and composability), simultaneity and continuity, will led us to the formal description of a distributed user interface. Next we are going to introduce several definitions to settle the basis of these essential properties:

Definition 1: Interaction Element. An *Interaction Element* $e \in E$ is defined as an element which allows an user u to carry out an interaction through a platform p . We denote an interaction of the user u through a platform p by $\sim^e p$.

Definition 2: Functionality. Two elements of interaction e and e' have the same *functionality* if a user can perform the same action using any of them in his/her interaction with the device. We will denote it by $e =^F e'$. In this sense, a button in a “Graphic Interface Unit” has the same functionality as a hand movement, if the computer receives the same order.

Definition 3: Target. A set of element of interaction $E_0 \subset E$ have the same *Target* ($e \in^T E_0$) if $\forall e \in E_0$, a user $u \in U$ obtains, through the functionality of e , an action of the task whose goal is to reached this target. In this paper we use *target* and *goal* indistinctly.

Definition 4: User Interface. A *User Interface* $i \in UI$ is a set of interaction elements such as $i = \{e \in E / e \in^T i\}$, i.e., the user interface i is defined by the target for which these elements were chosen. We can also define a User Interface (UI) as a set of interaction elements which let an user carry out a task in a specific context.

Property 1: Portability. A UI as a whole, or parts of it can be transferred among platforms and devices by means of easy user actions. For example, a user could be running a graphic editor in his/her desktop computer and then he/she could decide to transfer the color palette panel (UI element) to another platform (a portable device) with a simple action.

Formally we can say that being $p \in P$ and $u \in U$, a user interface $i \in UI / u \sim^i p$ is *portable* if there exists $E_0 = \{e \in E / e \in i\} \subset i$ such as $u \sim^{E_0} p'$ and $u \sim^{\bar{E}_0} p$ (being $p, p' \in P$) reaching the same target than i . This property can be extended to more than one user. $i \in UI$ has been *ported* if i is portable and this property has been satisfied.

Property 2: Decomposability. A DUI system is decomposable if given a UI composed by a number of elements, one or more elements of that UI can be independently executed without losing their functionality. For instance, an application calculator could be decomposed in two UI elements, the display and the numeric keyboard. This property can be used together with *Portability* in order to allow the keyboard being executed in a smartphone, while the display could be showed in a public display. These two UI elements can also be joined together in a unique UI (composability).

A user interface $i \in UI$ is *decomposable* if there exists $E_0 \subset i$ such as $E_0 = \{e \in i / e \in^{T'} E_0\}$ and $\bar{E}_0 = \{e \in i / e \in^{T''} \bar{E}_0\}$ obtaining the same target than i . Thus, if through i the target T is reached, then T' and T'' are two sub-targets of T which can be reached through E_0 and \bar{E}_0 respectively.

Definition 5: User Sub-interface. Let suppose that $i \in UI$ is a user interface that allows a user $u \in U$ to reach a target T on a platform $p \in P$, i.e. $u \sim^T p$. If T' is a sub-target of T , then the set $i' = \{e \in T \mid i/e \in T' \mid i'\}$ is a *User Sub-interface* of i , and $u \sim^{T'} p$.

Finally we can say that $i \in UI$ has been *decomposed* if it is decomposable and this property has been fulfilled.

Definition 6: Platform. We can define a *platform* as a physical or logical medium where the user interface can be displayed. Thus, a user interface can be used in a platform if there exists some kind of framework which makes it possible.

An interaction element $e \in E$ exists in a platform $p \in P$ (denoted by $\sim^e p$), if e can be implemented, supported or executed on p . A user interface $i \in UI$ is supported on $p \in P$ (denoted by $u \sim^i p$) if $\forall e \in i$ then $u \sim^e p$ being $u \in U$. In addition, $i \in UI$ is supported on a set of platforms $P_0 \subset P$ ($u \sim^i P_0$) if $\forall e \in i$ then $u \sim^e p \forall p \in P_0$ being $u \in U$.

Therefore, a platform is a very general concept which can be particularized according to certain properties. For instance, if Android is considered as a platform, then it could be executed on a mobile smart phone or in a Tablet PC, being each execution different conditions.

Definition 7: Distributed User Interface. A *Distributed User Interface* $di \in DUI$ is defined as a user interface which has been decomposed and ported.

Thus, a distributed user interface is the collection of interaction elements composed of a set of user interfaces, which are also sub-interfaces of the user's distributed user interface. These user sub-interfaces are distributed in platforms without losing their functionality and their common target.

Using this new notation it is possible to express the user interaction through traditional UIs as $u \sim^i p$, being $i \in UI$, the interaction of a user through DUIs as $u \sim^{di} p$ being $di \in DUI$, and the interaction of some users through some platforms through DUIs as $\{u/u \in U\} \sim^{di} \{p/p \in P\}$.

Definition 8: State of a User Interface:. The *State* of a user interface $i \in UI$, denoted by $S(i)$, is defined as the temporal point in which i lies after the user has used part of his/her elements with the goal of reaching the target associated to i . The *State* of i is the *Initial State* ($S_0(i)$) if none of the elements have been used or if they have been used without contributing any step to reach the target of i . The *Final State* of i ($S_F(i)$) is reached when the target of i is reached. It is said that this target is achieved in n steps or states, if through the sequence $S_0(i), \dots, S_n(i)$, the target of i is reached and this target is achieved without any of the referred states.

Note that to move from the state $S_j(i)$ to $S_{j+1}(i)$ is necessary to use the appropriate interaction element $e \in i$. Others elements used do not change the state. There exists some

elements which move from state $S_j(i)$ to $S_{j-1}(i)$, to $S_F(i)$ or to $S_0(i)$.

Definition 9: State of a Distributed User Interface. The *State* of a Distributed User Interface $di \in DUI$, denoted by $\vec{S}(di) = (S(i_1), \dots, S(i_n))$, is defined as a n -tuple where each element corresponds to the state of each user interface in which di has been decomposed. Note that $\vec{S}(di)$ depends on the decomposition in sub-interfaces of di and those which have been ported to different platforms.

We say that a DUI di is in an initial state if $\vec{S}_0(di) = (S_0(i_1), \dots, S_0(i_n))$, and it is in a final state if $\vec{S}_F(di) = (S_F(i_1), \dots, S_F(i_n))$. The number of states required to reach the target of di is the product of the number of states required to reach each sub-target in each ported user sub-interface.

Property 3: Simultaneity. A DUI system is said to be simultaneous if different UI elements of the same DUI system can be managed at the same instant of time on different platforms. For instance, two or more users interacting with the same DUI from different platforms simultaneously. This does not imply that all DUI systems are multiuser as we will see later.

A distributed user interface di is *simultaneous* in $p_0, p_1, \dots, p_n \in P$ with $n > 1$ for $u_k \in U$ with $k = 1, \dots, n_u$ ($n_u \geq 1$) users, if $di = \bigcup_{j=1}^N i_j$ with $i_j \in UI$, and $u_k \sim^{i_j} p_s$ in the same temporal point, with $j = 1 \dots N$ and $s = 1 \dots n$ and $k = 1 \dots n$.

Property 4: Continuity. A DUI system is said to be continuous if an element of the DUI system can be transferred to another platform of the same DUI system maintaining its state. For instance, a user could be on a call in his/her mobile phone walking on the street and then transfer the call to the TV when he/she arrives at home without interruption.

A distributed user interface $di \in DUI$ is *continuous* in $p_0, p_1 \in P$ if $\forall e \in di$, $u \sim^e p_0$ and $u \sim^e p_1$ maintain the state of di , i.e., if $S_j(di)$ is the state of di , then $S_t(i)$ is reached in both cases (being able to be $t = 0, j, j + 1, j - 1, F$).

A DUI which satisfies the simultaneity property has a problem as the targets associated to the user sub-interfaces have a common purpose, all of them are sub-targets of the same target. In this way, a user can employ an interaction element which causes a setback in the state of another user interface. Thus, it is necessary provide some kind of control between user sub-interfaces in a DUI.

Definition 10: Requirements function:. The *Requirements function* of a DUI obtains the necessary requirements of the state of a sub-interface to reach the next state. This function has two parameters: first, the sub-interface whose state is evaluated, and second, the point of the state which is going to be reached.

A user sub-interface can move back from a state to the previous state if the current state is not a requirement of any reached state in another sub-interface.

Let $di \in DUI$ and $\vec{E}(di) = (E(i_1), \dots, E(i_n))$ the state of di , the requirements of the state of i_j to move from $m - 1$ to m with $E_0(i_j) \leq m \leq E_F(i_j)$, are defined as $R(i_j, m) = (E_1, \dots, E_n)$ being E_k the minimum state required in the sub-interface $i_k \forall k = 1, \dots, n$. If the sub-interface i_j is independent of i_k the value of E_k in $R(i_j, m)$ is $E_0(i_k)$.

Definition 11: Concurrency Restriction. If the state of i_j is r (denoted by $E_r(i_j)$) and $E_s(i_k)$ is the value of the k -th position of $R(i_j, m)$, i.e., it has been necessary to get $E_r(i_j)$ that i_k reaches the state s because it is a requirement of i_j . Then, it is not allowed to use an element which changes the state $E_s(i_k)$ to $E_{s-1}(i_k)$.

2.2 The AUI model

The concept of Distributed User Interfaces is based on the concept of User Interface. In fact, we can consider that a DUI is a set of interaction elements distributed across different platforms. We can consider a set of interaction elements as a UI, if all these interaction elements have a common target. This common target is connected with the user's task, i.e. a UI is the way the user achieves the result of the task. This result appears in the model as *target*. Figure 1 shows the abstract user interface (AUI) model used in this paper.

A User Interface is composed of an abstract interaction object (AIO) that can be either an interaction element or a user sub-interface (uSubI). The interaction element can be used to express input, output, navigation or control actions. In this model two entities called "target" and "subtarget" can be found. These entities are present in the model to remark the importance of the common target that is inherent to the concept of user interface.

We can find a significative difference between this AUI model and the model defined in [12] as we introduce *target* and *sub-Target* entities in the model. A DUI is a set of distributed interaction elements that support a common target. Before distributing a UI, we can check if a set of interaction elements can be split and transferred to another platform with a simple verification. We have to test if the selected interaction elements have associated a sub-target or not.

Let's see the example of the calculator to explain the AUI model. The calculator as a whole is a UI so that the user can perform mathematical calculations, his/her final target. The calculator consists of an abstract interaction object which also contains an interaction element (the display) and a user sub-interface (the keyboard). The display has a subtask related to the main target: show the calculations to the user. The sub-interface keypad consists of a set of interaction elements (buttons) with a common sub-objective: to allow user input. The display is framed within the output interaction elements, while each of the keys can be considered as input elements. The "key" interaction elements share a common sub-target: to allow data input, so it makes no sense to be distributed separately, but framed within its

sub-interface, since they share the same input sub-target. To split or to distribute interaction elements that do not share a sub-objective linked to the main purpose of the UI can jeopardize the attainment of this objective.

3. SCHEMA DRIVEN DUI GENERATION

Now we are going to outline our approach for generating a concrete DUI that will be rendered on different devices. We get an AUI model in which the different sub-interfaces have been defined considering that all the associated interaction elements have associated a sub-target compatible with the common target of the user interface. There are important considerations related to the specification of the process: (i) the method should be independent of the UIDL selected and (ii) the syntax must be easy to learn so that the developer can design the DUI with minimal effort.

Another option could integrate the distribution properties in the UIDL directly. Consider for instance UIML. We could introduce the tags `<distributed></distributed>` to indicate that sub-interfaces defined between these tags can be split and thus distributed to other devices (as suggested in [15]). However, this does not follow the current UIML specification and also imply that UIML renderers should understand these new tags. We rather aim for a more general solution to capture the distribution feature that is independent of the used description language, assumed that it is a XML-based one.

According to previous definition, a DUI is a set of distributed interaction elements supporting a common target. As we said before the process of distributing a UI, requires to check if a set of interaction elements can be split and transferred to other platform (portability and decomposability properties), testing if the selected interaction elements have associated a sub-target or not. We first design the interface as a whole to define a distributable interface and then we define the distributable parts to it considering if a sub-target is associated.

In a context of a multimedia player, these parts could include for example a "main" part, a "playlist" part and a "settings" part. We also need to impose some constraints on the parts in order to introduce some information about the structure of the interface. As all UIDLs considered are XML-based languages, we can constrain the structure of the UI using some XML schema language.

Previous work in the development of distributed interfaces required new methodologies [3], [11] or ontologies [2]. We have discarded these approaches as we are looking for a method independent of the UIDL language and a syntax easy to learn.

Here we consider that a XML document can be validated against a schema to check if it accomplishes certain constraints. The process of validating a XML document consists of several stages: analysis of the structure of the document, analysis of the content of each node and its attributes and analysis of constraints of relations between different nodes. These stages can be performed through some schema language like Document Type Definitions (DTDs), W3C XML Schema [22] or RelaxNG [4]. There are many tools allowing

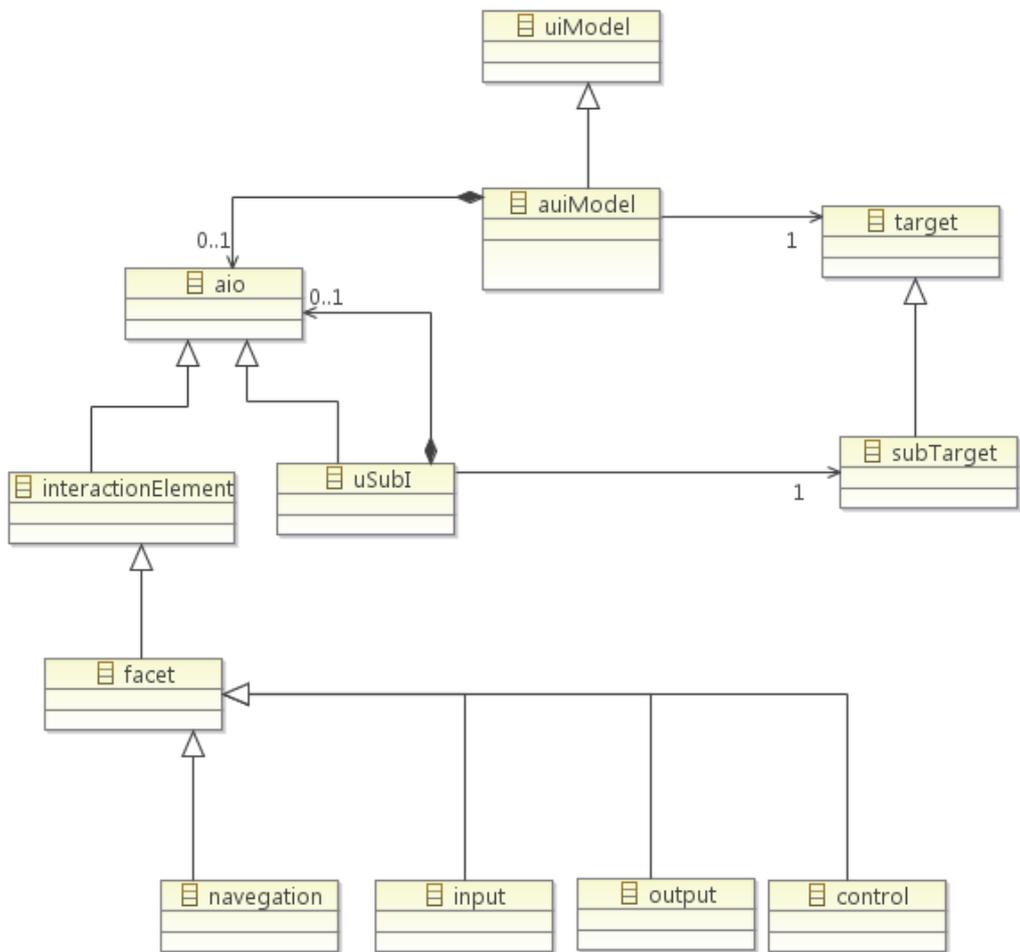


Figure 1: Abstract User Interface with the DUI perspective

us to check if a concrete XML document matches a specific schema. Furthermore, we could develop an algorithm that provides valid instances (XML documents) from a schema. As schema languages allow “choices”, there are an infinite number of instances that matches a concrete schema, so such an algorithm could not deterministically generate a single instance based on random choices.

In [7], author introduces the use of a schema language for dynamically generating HTML forms by means of a self-defined schema language instead of any of the well-known standard one. Rather than hard-coding forms, the approach dynamically generates an HTML form using a XML document representing the application data and a XML schema document describing the data and the way it may be operated upon by the user. The schema describes the document so that a HTML Form can be generated using Javascript DOM API.

In [21] a framework for dynamically distribute application UI's among several devices is developed. In the approach, RelaxNG schema language is used to describe the XHTML

interface defining constraints for each element, attribute and text value in the XML file. They create a RelaxNG schema file for each service an application provides. Then, a RelaxNG-based schema to instance algorithm is developed in order to generate a concrete XHTML user interface.

Although the RelaxNG schema language is simple and flexible, it has some drawbacks in order to be used for defining a DUI: (i) it does not allow to constrain text values in mixed content nodes and (ii) it does not support datatype validation, so it needs a datatype library to extend the RelaxNG functionality, like W3C XML Schema Type Library.

Figure 2 shows an instance of a XML document with a <div> node containing the texts “This is” and “of mixed content” and a <a> element that is so called “mixed content”. Both text values cannot be constrained with RelaxNG. Therefore we select XML Schema in order to define in a more accurate way the constraints related to the distributions of the different elements of the interface in a more accurate way.

```

<body>
...
  <div>
    This is
    <a href="#">an example</a> of mixed content
  </div>
...
</body>

```

Figure 2: XML node with mixed content

The key idea is to use the XML Schema patterns like `<sequence>`, `<choice>` and `<all>` to define constraints about the sub-interfaces that can be distributed between different devices. We use the following XML Schema order container indicators:

- `<sequence>`: Each child node must occur in the order specified in the XML file.
- `<all>`: Specifies that the child elements can appear in any order, and that each child element must occur only once.
- `<choice>`: One of the child nodes of a choice node must be chosen. Thus, there are n possible distribution options where n is the number of child nodes.

Notice that the introduction of “choice” container indicators provides different paths that can be followed while generating an actual instance from the schema. Each path results in a specific user distributed interface that incorporates a number of sub-interfaces. Combining the containers allows us to define different constraints between sub-interfaces: we could say that sub-interfaces SI1 and SI2 must appear in the specified order (`<sequence>` container), or that sub-interfaces SI1 and SI2 must appear in any order (`<all>` container) or that either sub-interface SI1 or sub-interface SI2 should be included in the final instance (`<choice>` container)...

Also we can constraint the minimum and maximum number of appearances of that element in the container using the occurrence indicators. If no indicators are defined then the element is required and must appear just one time:

- `minOccurs`: Specifies the minimum number of times an element can occur. If the value is “0” then the element is optional.
- `maxOccurs`: Specifies the maximum number of times an element can occur. To allow an element to appear an unlimited number of times we use the “unbounded” value.

Figure 3 lists a XML Schema example that includes the sub-interfaces definition code for a multimedia player with three distributable parts: “main” sub-interface, “playlist”

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- definition of "html" node -->
  <xs:element name="html">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="head"/>
        <xs:element ref="body"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>

  <xs:element name="head">
  <!-- definition of "head" node -->
  </xs:element>

  <xs:element name="body">
  <!-- definition of "body" node -->
  <xs:complexType>
    <!-- UI parts -->
    <xs:sequence>
      <xs:sequence minOccurs="0">
        <xs:element ref="main"/>
        <xs:element ref="br"/>
      </xs:sequence>
      <xs:choice>
        <xs:element ref="playlist"/>
        <xs:element ref="settings"/>
      </xs:choice>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
  </xs:element>

  <xs:element name="br">
  <xs:complexType/>
  </xs:element>

  <!-- definition of "main" part -->
  <xs:include schemaLocation="main.xsd"/>
  <!-- definition of "playlist" part -->
  <xs:include schemaLocation="playlist.xsd"/>
  <!-- definition of "settings" part -->
  <xs:include schemaLocation="settings.xsd"/>
</xs:schema>

```

Figure 3: XML Schema defining a XHTML interface for a multimedia player

sub-interface and “settings” sub-interface. Last lines include references to the schema definitions for every sub-interface. The lines inside the “body” element constrain the appearance of the sub-interfaces. The lines between “html” element define the standard structure of an XHTML document with `<head>` and `<body>` tags. The complex type associated to the `
` element is just the definition of an empty element.

The combination of `<sequence>` and `<choice>` elements

```

...
<xs:element name="body">
<!-- definition of "body" node -->
  <xs:complexType>
    <!-- UI parts -->
    <xs:all>
      <xs:element ref="main"/>
      <xs:element ref="settings"/>
      <xs:element ref="playlist" minOccurs = "0"/>
    </xs:all>
  </xs:complexType>
</xs:element>
...

```

Figure 4: XML Schema defining with optional “playlist” sub-interface.

specify that the “main” sub-interface may appear and that or the “playlist” or the “settings” sub-interface must appear in a valid distributed user interface instance. Moreover, if the “main” sub-interface is selected, it will be placed before the “playlist” or “settings” sub-interface and a `
` blank line will be located between both interface parts.

This schema is quite restrictive, since we have established that the “playlist” or “settings” part must appear in any generated DUI. In general, distributable UIs must be more flexible, i.e. users may wish to hide the “playlist” which is not allowed according to the schema, so it must be considered just as an instance of the power and flexibility of our approach. Figure 4 shows a different schema specifying that each sub-interface can appear in any position and the “playlist” sub-interface is optional.

This strategy allows us to establish different constraints on the referred sub-interfaces by changing the XML Schema elements and using different combinations. It could be defined that the “main” and “playlist” sub-interface part may appear close to each other by placing them in a XHTML `<table>` or `<div>` tag. Although we have selected XHTML as the UIDL language for the example, the method could be easily extended to other UIDLs just by changing the tags used in the schema.

Once the DUI has been defined a schema to instance algorithm processes the XML Schema files and generates a new XML instance encapsulating each user sub-interface before sending it to each device. As we use choices in the definition of the DUI, a potentially infinite number of instances could be generated, so the algorithm should be able to decide the most suitable path to follow and hence, the concrete instance to generate. On one hand we can generate a single instance based on random selection. But also it could be better to define a metric that allows the algorithm to decide what sub-interface are distributed to each device based on some distribution criteria. Furthermore, the schema does not include any information about the number of simultaneous devices in which a sub-interface can be distributed nor constraints related to concurrent access (as it was defined

in the formal definitions section) to the same sub-interface from different users. Both aspects are out of the scope of this work and it will be subject for further research.

4. CONCLUSIONS AND FURTHER WORK

In this paper, we have proposed a new W3C XML Schema-based definition for user interfaces allowing different sub-interfaces being distributed between different devices. We defined a DUI through a formal notation and after that an Abstract User Interface (AUI) model as previous steps before the specification of the concrete DUI. It is worth noting that the schema does not depend on the UIDL selected and encapsulates constraints related to the distribution process itself.

After the DUI has been defined, a XML instance generator algorithm generates a new XML instance (concrete DUI) in some UIDL, taking into account the constraints specified in the schema. The use of a formal notation to characterize Distributed User Interfaces is necessary to understand the essential foundations of DUIs and a previous stage to analyze different distribution mechanisms. The AUI model introduces the target hierarchy associated to every user interface and supports the distribution of user interface elements across different devices, maintaining the coherence with the user task target. The model is based on the characterization of the essential properties of Distributed User Interfaces: decomposability, portability, simultaneity and continuity. We have employed a formal notation to describe these properties.

Our future work includes the development of a user friendly model-based framework software that using the AUI model as input, generates automatically the XML Schema associated to the DUI. We are also working in the definition of a metric in order to decide the most suitable distribution scheme when the `<choice>` container is used. This metric will require the use of device profiles and the formal definition of the “optimal distribution” concept.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This research is partially funded by the project 11859/2011 from Bancaja-UMH of Miguel Hernández University of Elche.

6. REFERENCES

- [1] M. Abrams, C. Phanouriou, A. Batongbacal, S. Williams, and J. Shuster. Uiml: An appliance-independent xml user interface language. *Computer Networks*, 31:1695–1708, 1999.
- [2] L. Balme, A. Demeure, N. Barralon, J. Coutaz, and G. Calvary. Cameleon-rt: A software architecture reference model for distributed, migratable, and plastic user interfaces. *Lecture Notes in Computer Science*, 3295:291–202, 2004.
- [3] R. Bandelloni and F. Paterno. Flexible interface migration. In *Intelligent User Interface 2004 (IUI 04)*, pages 148–155, 2004.
- [4] J. Clark and M. Murata. Relax ng specification. available at <http://www.oasis->

- open.org/committees/relax-ng/spec-20011203.html, 2001.
- [5] J. Eisenstein, J. Vanderdonckt, and A. Puerta. Model-based user-interface development techniques for mobile computing. In *J. Lester (Ed.), Proceedings of ACM International Conference on Intelligent User Interfaces IUI 2001, Santa Fe*, pages 69–76. ACM Press, New York, 2001.
- [6] D. Faure and J. Vanderdonckt. User interface extensible markup language. In *2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (EICS '10)*. ACM, New York, NY, USA, pages 361–362, 2010.
- [7] K. Fitch. Schema driven user interface generation. available on-line at: <http://ausweb.scu.edu.au/aw02/papers/refereed/fitch/paper.html>, 2002.
- [8] J. A. Gallud, A. Peñalver, J. López-Espín, E. Lazcorreta, F. Botella, H. M. Fardoun, and G. Sebastián. A proposal to validate the user's goal in distributed user interfaces. *International Journal of Human Computer Interaction*, To appear in 2012.
- [9] J. Guerrero, J. González, J. Vanderdonckt, and J. A. Muñoz. Theoretical survey of user interface description languages: Preliminary results. In *LA-Web/CLIHIC'2009*, pages 36–43. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, 2009.
- [10] J. Helms, R. Schaefer, K. Luyten, J. Vermeulen, M. Abrams, A. Coyette, and J. Vanderdonckt. Human-centered engineering with the user interface markup language. In *Seffah, A., Vanderdonckt, J., Desmarais, M. (eds.), Human-Centered Software Engineering*, pages 141–173. Springer, 2009.
- [11] A. Larsson and E. Berglund. Programming ubiquitous software applications: requirements for distributed user interfaces. In *16th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE4)*, 2004.
- [12] Q. Limbourg, J. Vanderdonckt, B. Michotte, L. Bouillon, and V. López-Jaquero. Usixml: a language supporting multi-path development of user interfaces. In *9th IFIP Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction jointly with 11th Int. Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems EHCI-DSVIS'2004*, pages 11–13. Kluwer Academic Press, Dordrecht, 2004.
- [13] J. López-Espín, E. Lazcorreta, J. Gallud, A. Peñalver, and F. Botella. Formal specification of distributed user interfaces. In *In Proc. of DUI 2011 Workshop*. University of Castilla-La Mancha, 2011.
- [14] K. Luyten, M. Abrams, J. Vanderdonckt, and Q. Limbourg. Developing user interfaces with xml: Advances on user interface description languages, advanced visual interfaces, galipoli, 2004.
- [15] K. Luyten and K. Coninx. Uiml.net: An open uiml renderer for the .net framework. technical report, limburgs universitair centrum, 2004.
- [16] F. Paterno, C. Santoro, and L. Spano. Maria: A universal, declarative, multiple abstraction-level language for service-oriented applications in ubiquitous environments. *ACM Trans. Computer-Hum. Interaction*, 16(4), 2009.
- [17] A. Peñalver, J. López-Espín, J. Gallud, E. Lazcorreta, and F. Botella. Distributed user interfaces: Specification of essential properties. In J. A. Gallud, R. Tesoriero, and V. M. Penichet, editors, *Distributed User Interfaces*, Human-Computer Interaction Series, pages 13–21. Springer London, 2011.
- [18] A. Puerta and J. Eisenstein. Ximl: a common representation for interaction data. In *7th international conference on Intelligent user interfaces (IUI '02)*. ACM, New York, NY, USA, pages 214–215, 2004.
- [19] A. Reuther. useml - systematische entwicklung von maschinenbediensystemen mit xml. fortschritt-berichte pak, band 8, kaiserslautern: Technische universität kaiserslautern, 2003.
- [20] O. Shaer, M. Green, R. Jacob, and K. Luyten. User interface description languages for next generation user interfaces. In *Proc. of Extended Abstracts of CHI'08*, pages 3949–3952. ACM Press, New York, 2008.
- [21] C. Vandervelpen, G. Vanderhulst, K. Luyten, and K. Coninx. Light-weight distributed web interfaces: Preparing the web for heterogeneous environments. In *The 5th International Conference on Web Engineering (ICWE '05)*, 2005.
- [22] W3C. World wide web consortium. xml schema. <http://www.w3.org/xml/schema>.

Interacción y Colaboración Soportada por Interfaces de Usuario Distribuidas: de GUIs a DUIs

Elena de la Guía
Computer Science Research Institute
University of Castilla-La Mancha
Albacete, Spain
MariaElena.Guia@uclm.es

María D. Lozano
Computer Systems Department
University of Castilla-La Mancha
Albacete, Spain
Maria.Lozano@uclm.es

Víctor M.R. Penichet
Computer Systems Department
University of Castilla-La Mancha
Albacete, Spain
Victor.Penichet@uclm.es

ABSTRACT

Hoy en día nos encontramos escenarios donde se trabaja con múltiples dispositivos, como son móviles, Tablet PC, portátiles, etc. que interactúan entre sí para ofrecer servicios fácilmente. Para sacar partido a las numerosas ventajas que nos ofrecen es necesario diseñar interfaces de usuario capaces de distribuirse entre los diferentes dispositivos con el fin de ofrecer un mejor reparto de funcionalidad e información. En este artículo se presenta como base los sistemas cognitivos propios de los usuarios para realizar la división de los componentes de cualquier GUI (Graphical User Interface o Interfaz de usuario gráfica) y construir un sistema basado en DUIs(Distributed User Interfaces o Interfaces de usuario distribuidas). Se describe Co-Interactive Table un sistema interactivo y colaborativo basado en dispositivos móviles, tecnología RFID y que distribuye interfaces de usuario según los modelos mentales propios de los usuarios.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces. – Graphical user interfaces.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors,

Keywords

Distributed User Interfaces, Meeting rooms, collaboration, Internet of Things, RFID, mobile devices.

1. INTRODUCCIÓN

Durante estos últimos años se ha producido un progreso espectacular en los avances tecnológicos, de esta forma han surgido nuevos escenarios tecnológicos, entre ellos la Computación Ubicua. Según Weiser [21] la tecnología no debe mostrarse explícita al usuario, es decir desaparece de la vista del usuario pero ofrece servicios de manera implícita al él. El objetivo principal es ofrecer al usuario computación avanzada donde no necesitarían asistentes tecnológicos, sino que podrían interactuar con los objetos de una forma más natural y sin ser consciente de ello. Estos escenarios también son llamados Internet de las Cosas (Internet of Things) [9] la definición de este concepto es dado por Margery Conner en el 2010, y define el escenario como una red de objetos cotidianos interconectados.

Internet de las Cosas se acerca a la visión que describe Weiser y debido a los avances de la miniaturización de la computación que

se incorpora en los objetos y la capacidad de comunicación entre los dispositivos y la red se hace posible que hablemos de escenarios dotados de objetos digitales y múltiples dispositivos también denominados MDE (Multi-Device Environments).

El aspecto humano juega un papel esencial en el uso de los entornos tecnológicos. Hace años la interacción persona ordenador se basaba en interfaces de usuario controladas a través de un ratón y un teclado conectados al ordenador. Ahora el escenario se encuentra dotado de múltiples dispositivos, las interfaces de usuario tradicionales se quedan limitadas y surge la necesidad de estudiar e investigar nuevos mecanismos de interacción e interfaces que se adapten a los nuevos escenarios. Durante este estudio ha surgido un nuevo concepto denominado DUIs (Distributed User Interfaces o Interfaces de Usuario Distribuidas) su objetivo principal es distribuir las interfaces en distintos dispositivos. Pero todavía existen aspectos por abordar respecto a cómo y qué interfaces deben distribuirse en los dispositivos, por este motivo nos hemos basado en los factores humanos con el fin de relacionar los procesos cognitivos propios de las personas con la interacción y distribución de las interfaces.

La organización del artículo está definida de la siguiente manera: Primero se presenta un breve repaso por el estado actual de los sistemas que soportan interfaces de usuario distribuidas y colaborativas. Seguidamente se describen factores humanos que hay que tener en cuenta para construir estos sistemas. A continuación se explica un sistema que soporta interfaces de usuario distribuidas y las distribuye en los dispositivos teniendo en cuenta el sistema cognitivo humano. Después se explicarán los resultados obtenidos al realizar la evaluación de la usabilidad del sistema y finalmente se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Antes de que aparecieran las interfaces de usuario distribuidas se utilizaban las tradicionales GUIs (Graphical User Interfaces), gracias a los gráficos y a los indicadores visuales conseguían representar fácilmente las tareas que ofrecían los sistemas. El modelo basado en WIMP (Windows, Icons, Menús and Pointing) dividía en cuatro componentes las interfaces, ventanas, iconos, menús y apuntador, de esta forma se desarrollaban aplicaciones más accesibles y usables por los usuarios. Sin embargo con la evolución de la tecnología aparecen tres desafíos que antes no se contemplaban: Uno de ellos es el crecimiento de la cantidad de información que tiene que tratar cada usuario. Otro se debe a la

distribución de información sobre múltiples dispositivos, incluyendo mainframes, computadoras, dispositivos móviles...y el tercero y último desafío surge por los diferentes tipos de usuarios que utilizan las computadoras, cada uno busca un objetivo distinto, tiene distintas habilidades, diferente nivel de experiencia...para solucionar estas dificultades aparecen las Interfaces de Usuario Distribuidas. Algunos autores han definido este término como:

-Una interfaz de usuario donde sus componentes pueden ser distribuidos a través de una o más dimensiones como puede ser entrada, salida, plataforma, espacio y tiempo [4].

-Se define interfaz de usuario distribuida cuando se utilizan recursos de interacción que se distribuyen a través de otros recursos de interacción [1].

-Se han utilizado varios términos para definir las DUIs. Migración. Interfaces de Usuario Migratorias, Interfaces de Usuario Migrables, Agrupar/desagrupar, Portables, Transportables, Transformables, Reconfigurables [3].

-Melchior [10] dice que una interfaz de usuario distribuida consiste en una interfaz de usuario con la capacidad de distribuir partes o la totalidad de sus componentes entre varios monitores, dispositivos, plataformas, pantallas y/o usuarios.

-Cuando Vanderdonck [21] describe de interfaces de usuario distribuidas se refiere al reparto de uno o muchos elementos de una o varias interfaz de usuario con el fin de apoyar a los usuarios a llevar a cabo las tareas en uno o varios contextos de uso.

-Vandervelpen [20] la define como una interfaz que se puede dividir en partes y migrar a distintos dispositivos en torno al usuario. De esta forma consigue su objetivo que es facilitar las tareas del usuario.

Paralelamente a la necesidad de distribuir información entre los dispositivos surge la necesidad de compartir información entre múltiples usuarios. La mayoría de tareas que realizamos diariamente son colaborativas, debido a la necesidad innata de trabajar en equipo para conseguir objetivos fácilmente surgió la disciplina que se encarga de guiar el correcto análisis, diseño y desarrollo de los sistemas colaborativos, fue en 1988 cuando Greif y Cashman acuñaron el término CSCW (Computer Supported Cooperative Work) o lo que es lo mismo trabajo cooperativo asistido por computadora tal como se indica en [6].

Entre los sistemas colaborativos que soportan interfaces de usuario distribuidas podemos encontrar los siguientes: *i-Land*, *WallShare*, *Augmented Surface*, *WeSpace*, *Connectable* y *Ubitable* El primero de ellos denominado *i-Land* es un sistema interactivo implementado en un entorno multi-dispositivo, su objetivo principal es mejorar el trabajo colaborativo [11]. Se compone de los siguientes dispositivos: *Dynawall* es una pared interactiva electrónica diseñada para visualizar documentos. *Coomchairs* son sillas que integran computación, estas se

encuentran conectadas al dispositivo *Dynawall*, de esta forma facilita la distribución de la interfaz de un dispositivo a otro y el último dispositivo es *InteractTable* correspondiente a una mesa diseñada para que los usuarios compartan ideas entre ellos. Otro de los sistemas es *WallShare* [6] éste es un sistema colaborativo que permite distribuir las interfaces entre distintos dispositivos como pueden ser teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles, etc. y un espacio compartido que se mostrará a través de un proyector sobre una superficie como puede ser una pared. *Augmented Surfaces* [13] es un proyecto diseñado y desarrollado para que los usuarios intercambien información digital entre sus ordenadores portátiles y dispositivos como son una mesa y una pared u otros objetos físicos. Se encuentra basado en cámaras de reconocimiento, los usuarios pueden integrar fácilmente sus portátiles con el entorno. La proyección que se realiza en la mesa y en las paredes sirve como espacio continuo para extender el contenido de sus portátiles. Otro proyecto es *WeSpace* [22] se compone de un espacio de trabajo colaborativo que proyecta el espacio compartido en la pared y permite que varios usuarios desde una mesa multi-touch puedan explorar y visualizar datos. *ConnecTable* [17] es un sistema móvil, sensible al contexto y conectado en red. Se basa en pantallas que en el momento que se unen distribuyen la interfaz y forman un área de visualización homogénea. Esta aplicación permite a los usuarios trabajar en paralelo fácilmente creando espacios de trabajo compartidos, así como intercambiar información simplemente arrastrando los objetos de una pantalla a otra. Y finalmente describimos el sistema interactivo y colaborativo denominado *UbiTable*, se compone de una superficie horizontal donde los usuarios pueden mostrar los documentos digitales que desean compartir desde su Portátil, PDA, Smartphone [15].

Los proyectos descritos ofrecen numerosas ventajas a la hora de realizar tareas colaborativas en entornos cerrados, pero es imprescindible tener en cuenta las necesidades del usuario respecto a la distribución de las interfaces en el espacio y en distintos dispositivos, en estos entornos es un desafío realizar una distribución sin distraer al usuario, también hay que tener en cuenta factores como son la simplicidad, sencillez, el proceso de aprendizaje, se deben construir sistemas que no obliguen a los usuarios a aprender nuevas habilidades, sino que realicen las tareas de una forma transparente al usuario permitiendo que éste se concentre en su actividad haciendo uso de mecanismos sencillos de interacción. Para mejorar los aspectos comentados es necesario un estudio sobre los modelos mentales que desarrolla el usuario cuando interactúa con el medio real. De esta forma será más fácil simular sistemas que se comporten de la misma manera, permitiendo aprovechar las ventajas de las tecnologías. En el artículo se pone en práctica una transformación de las tradicionales GUIs en un sistema más complejo que soporta DUIS teniendo en cuenta el sistema cognitivo propio de los humanos.

2.1 Factores humanos

El usuario juega un papel esencial en la interacción con los sistemas, por esta razón es necesario diseñar y construir



Figura 1. (a) Metáfora que representa la forma de trabajar común que lleva a cabo un usuario cuando quiere realizar una tarea, en este caso es pintar un cuadro. (b) Interfaz de Usuario gráfica utilizada para realizar la tarea del pintor desde una computadora.

aplicaciones que se adapten a la manera que tiene de percibir el mundo que le rodea. Para conocer su comportamiento hacemos uso de la psicología cognitiva, esta es una disciplina científica que se encarga del estudio del sistema de procesamiento de información humano. La cognición es un término que hace referencia a la adquisición, mantenimiento y utilización del conocimiento. Puede dividirse en dos tipos: la cognición individual y la cognición distribuida.

La cognición individual explica la interacción ente la persona y un artefacto, en cambio la distribuida estudia la interacción de un grupo de personas con sistemas informáticos complejos [11]. El sistema cognitivo se compone de tres tipos de memorias, la memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo. La memoria sensorial es la encargada de obtener datos del exterior y organizarlos de un modo significativo en nuestra mente, para tomar conciencia del mundo que nos rodea, en este proceso influyen características del usuario como son la motivación, experiencia, necesidades, contexto, estímulos como son la continuidad, proximidad, etc. Otra característica a tener en cuenta es la atención del usuario, esta vendrá condicionada por factores externos como son tamaño, movimiento, repetición, familiaridad de los objetos, novedad, interés, etc. Por otra lado tenemos la memoria a corto-plazo, corresponde al espacio de memoria utilizado para almacenar la información temporal, generalmente suelen mantenerse entre algunos segundos y un minuto. Si no se realiza ningún esfuerzo para almacenar información presente en la mente como puede ser repetición de la información, esta se olvidará rápidamente. Por último vamos a describir la memoria a largo-plazo, a base de repeticiones almacena la información relevante con el fin de volver a utilizarla en otro momento.

El objetivo principal de estudiar y tener en cuenta los factores humanos principales en los usuarios es construir sistemas que sean capaces de simular espacios de trabajo de la vida real, aprovechando los factores cognitivos propios de los usuarios. La Figura 1 [4] muestra el símil de cómo trabaja en la realidad un pintor de cuadros (Figura 1.a) y como lo representa la GUI

(Figura 1.b) El objetivo de desarrollar sistemas interactivos es que el usuario pueda interactuar de una manera natural obteniendo todas las ventajas que nos ofrecen. Cuando decimos interacción natural nos referimos a la forma que trabajan los usuarios en su vida real, por ejemplo la Figura 1.a muestra el escenario de lo que necesitaría un pintor para pintar un cuadro, en este caso las herramientas no obstruyen su manera de interactuar con el cuadro, al contrario se encuentran distribuidas de tal manera que permiten que el usuario se centre en la tarea principal que desea llevar a cabo, la Figura 1.b muestra como lo representaría la interfaz de usuario, su fin es simular el escenario de la Figura 1.a pero no tiene en cuenta la forma en la que trabaja el usuario en la vida real se necesita de un previo aprendizaje para utilizarla y no aprovecha en su totalidad los sistemas cognitivos innatos en los humanos.

3. Caso de estudio: Co-Interactive Table

En el caso de estudio que se muestra a continuación se describirá la relación entre el sistema cognitivo humano con un sistema donde la interfaz de usuario se presenta distribuida en una sala compuesta por participantes que llevan a cabo una reunión de trabajo.

Co-Interactive Table es un sistema interactivo colaborativo que soporta interfaces de usuario distribuidas, su objetivo principal es facilitar las reuniones de trabajo. Para ello ofrece funciones como son: transferir ficheros e información entre los usuarios y los dispositivos.



Figura 2. Reunión de trabajo utilizando el sistema Co-Interactive Table. Approach & Remove, técnica de interacción para interactuar con el sistema

Como se puede ver en la Figura 2 cada usuario tiene su panel interactivo (objeto que integra tecnología RFID en su interior y muestra una interfaz con las funciones disponibles en el sistema ver Figura 2.a), su dispositivo móvil con el lector RFID incorporado (Ver Figura 2.b) y el proyector utilizado como medio para mostrar la información compartida a todos los usuarios participantes de la reunión (Figura 2.c). El sistema implementa un entorno que incorpora múltiples dispositivos conectados todos ellos entre sí a través de tecnologías de comunicación inalámbrica. La técnica de interacción utilizada se llama “Approach & Remove” [14], el usuario solo debe acercar el dispositivo móvil que integra el lector RFID al panel interactivo, a partir de ese momento la función se realizará simultáneamente, mostrando la información pertinente en el dispositivo móvil y en la pantalla compartida.

3.1 Distribución de Interfaces

Las GUIs tradicionales básicamente se dividen en tres componentes. La barra de herramientas encargada de ofrecer las funciones disponibles del sistema, la parte que incorpora el explorador de archivos o algunas funciones adicionales, encargada de ofrecer la facilidad de explorar y controlar los archivos desde la misma aplicación y por último el espacio de trabajo, donde trabaja el usuario.

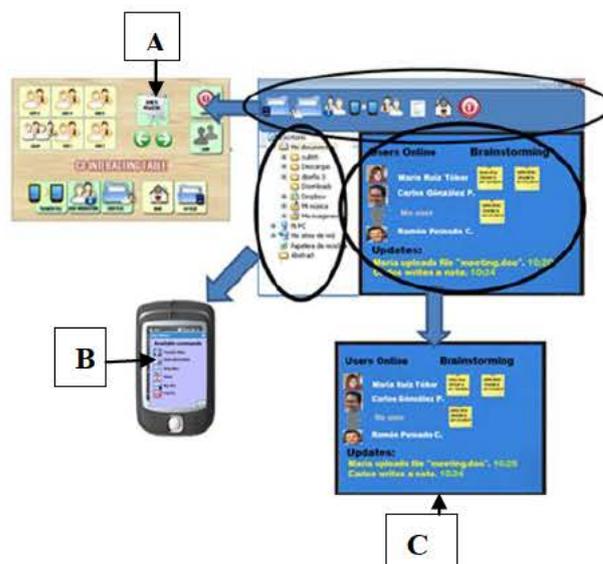


Figura 3. Distribución de los componentes de la Interfaz de usuario gráfica del sistema Co-Interactive Table en distintos dispositivos, entre ellos, el panel interactivo, el dispositivo móvil y el proyector.

Como podemos observar en la Figura 3, cada interfaz se ha distribuido en un dispositivo diferente con el fin de facilitar la interacción del usuario con el sistema. A continuación se describen las interfaces.

En primer lugar tenemos el menú/panel interactivo (Figura 3.a) este es un objeto digitalizado (hoja de papel con tarjetas RFID). Muestra una interfaz física que refleja las funciones que se puede llevar a cabo en el sistema como son: iniciar sesión como un usuario participante en la reunión, transferir información o ficheros a los demás usuarios o a la pantalla compartida para que puedan visualizarlos instantáneamente, visualizar archivos recibidos y volver a la pantalla de inicio. Este objeto es utilizado como recurso de interacción, el usuario accede al sistema a través de él, solo necesita acercar el dispositivo móvil a la tarea que desea ejecutar en ese momento. En segundo lugar la interfaz principal representa el espacio de trabajo compartido (Figura 3.c). Es ejecutada en un computador pero se muestra en un proyector con el fin de poder ser visualizada por todos los usuarios presentes. Se encarga de mostrar todas las acciones que se llevan a cabo en la reunión, como son los archivos subidos al servidor, las notas enviadas y los usuarios presentes. Permite enviar notas con información del estilo ‘Post-it’ para compartirla con todos los usuarios, además muestra y abre los archivos que han enviado los usuarios, facilitándoles la presentación de cualquier documento fácilmente. Por último, el dispositivo móvil (ver Figura 3.b) facilita el explorador de archivos, además de permitir escribir notas y mostrar el estado y las últimas acciones realizadas por el usuario. La interfaz corresponde al espacio privado del usuario, el dispositivo móvil también es utilizado como dispositivo interactivo, es el encargado de seleccionar la acción que desea realizar del menú o panel interactivo y así comunicar la información al sistema.

3.2 Modelos Mentales Distribuidos

Un modelo mental es un concepto prestado de la psicología para explicar el mecanismo utilizado por los usuarios cuando interactúan con el mundo real. El sistema cognitivo del usuario se componen de tres zonas de almacenamiento estas son: la memoria sensorial, la memoria de trabajo o de corto plazo y la memoria a largo plazo.

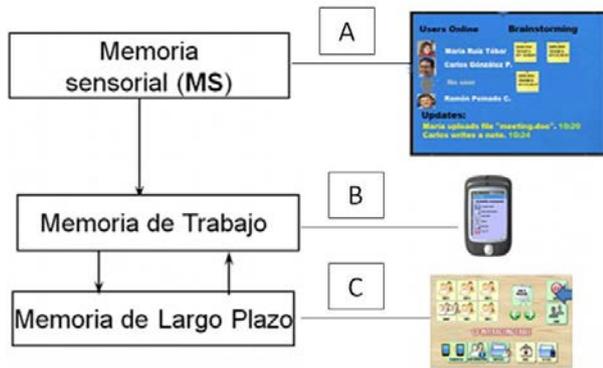


Figura 4. Relación entre el modelo mental cognitivo distribuido y las interfaces que se distribuyen en el sistema.

La memoria a largo plazo (Figura 4.c) se encuentra asociada al menú o panel interactivo que integra RFID. El panel es utilizado como 'shortcuts', es decir, como una vía rápida de acceso a las funciones. Muestra imágenes asociadas con la realidad y después de repetir la visualización de las imágenes, quedan guardadas y almacenadas en la memoria de largo plazo, resultando intuitivo, fácil de aprender y utilizar. Es decir, el proceso que realizaría la mente para almacenar el menú en la memoria de largo plazo sería el siguiente: primero lo visualizaría utilizando la memoria sensorial, seguidamente volvería a visualizarlo y repetiría la imagen en la mente, para esto se hace uso de la memoria a corto plazo y finalmente cuando comprende la imagen la almacena en la memoria de largo plazo.

En cambio la memoria de trabajo o de corto plazo se encuentra asociada al dispositivo móvil que contiene la interfaz del explorador de archivos y la información de las últimas operaciones realizadas (Figura 4.b). Esta información es necesaria porque a través de ella vamos a trabajar con la interfaz compartida, pero es información que no necesita ser recordada ni almacenada, solo nos ayuda a trabajar ese mismo momento. Por último la memoria sensorial es la utilizada cuando prestamos atención a una imagen, tenemos que concentrarnos y prestar atención pero no es necesario almacenarla en ese mismo momento en la memoria, se relaciona con el espacio de trabajo compartido (Figura 4.a).

3.3 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema es cliente-servidor. Este es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los recursos y servicios asociados al servidor y la aplicación asociada al cliente (en nuestro caso es el software del dispositivo móvil y el software de la computadora) estos realizan consultas al servidor y este responde con la información pertinente. Entre los dispositivos

hardware nos encontramos dispositivos móviles, paneles interactivos, computadoras, proyectores y el servidor. La comunicación entre los dispositivos se realiza a través de tecnología RFID e inalámbrica.

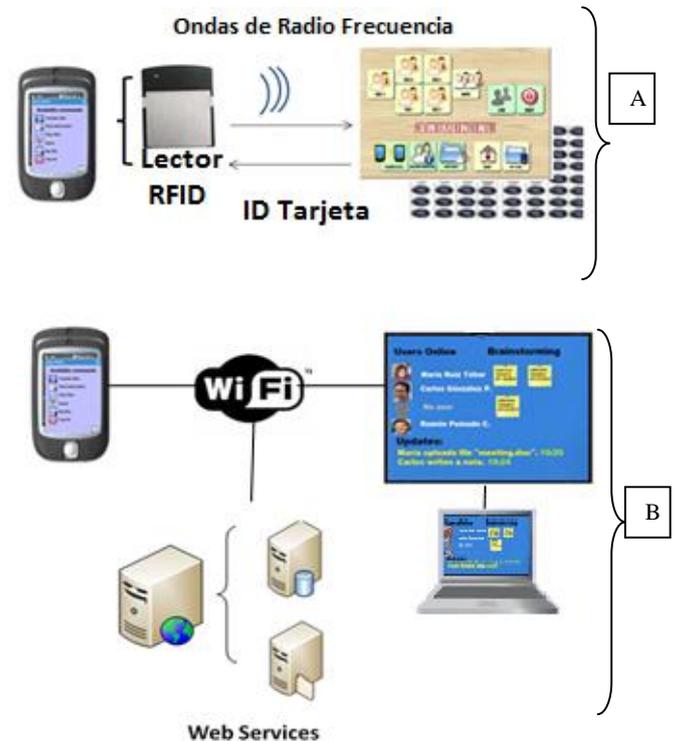


Figura 5. Dispositivos hardware que componen el sistema interactivo Co-Interactive Table. (a) Comunicación entre el dispositivo móvil y el panel interactivo a través de la tecnología RFID (b) Interconexión entre el dispositivo móvil, el servidor, la computadora y el proyector, se comunican a través de tecnología inalámbrica WiFi.

Los dispositivos móviles en este caso concreto son utilizados como recursos de interacción, se comunican vía RFID con el panel interactivo y vía WiFi con el servidor y el proyector. El funcionamiento utilizado para comunicarse con el panel es el siguiente: Cuando acerca el lector RFID que incorpora el dispositivo móvil se emiten ondas electromagnéticas encargadas de excitar la tarjeta RFID que se encuentra más cercana a él. El identificador de la tarjeta es transmitido al software *RFIDReader* que se va encargar de decodificarlo y enviarlo al servidor vía Wifi. El servidor traduce la información enviada desde el dispositivo móvil y ejecuta la acción correspondiente a la tarjeta leída. El *menú interactivo* es un panel del tamaño de un dinA4, donde se muestran las imágenes correspondientes a las tareas que puede realizar el sistema. En su interior contiene tarjetas RFID, cada una tiene un identificador único y este se asocia con la función que lo representa en la interfaz física. La *computadora* asociada al proyector ejecuta la aplicación colaborativa, esta va ser proyectada en la pared con el fin de facilitar la visibilidad a todos los usuarios. Actúa como cliente su función principal es comunicarse con el servidor para identificar la función que tiene que llevar a cabo en cada momento. Por último describimos el servidor, este es el encargado de la lógica de control del sistema.

Es una computadora conectada al dispositivo móvil y al computador a través de la tecnología inalámbrica WiFi. Se encarga de alojar los ficheros e información correspondiente a la reunión. Uno de sus componentes más importantes es el Servicio Web. Es un programa informático que procesa una aplicación del lado del servidor realizando conexiones bidireccionales y/o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente generando o cediendo una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación del lado del cliente. Se encarga de interpretar la información que le envía el cliente y ejecutar la función pertinente en ese momento. Las funciones que contiene son las siguientes:

- Traducción de los identificadores de las tarjetas RFID por la operación que se debe realizar en ese momento.
- Transferencia de ficheros e información entre el dispositivo móvil a la pantalla compartida.
- Generación de información actualizada sobre el estado de cada usuario y de las actividades realizadas.

4. EVALUACIÓN

En esta sección se describe la evaluación realizada a los usuarios para comprobar las debilidades y fortalezas del sistema utilizando interfaces de usuario distribuidas frente a los actuales sistemas que ejecutan las interfaces tradicionales. El objetivo es responder a las siguientes preguntas:

-¿La distribución de las interfaces de usuario tal y como las hemos planteado ofrecen mejoras respecto a otro tipo de distribución y configuración?

-¿El sistema favorece la colaboración entre usuarios?

-¿Cómo reacciona el usuario frente a un sistema que soporta multi-dispositivos e interfaces de usuario distribuidas con las que se puede interactuar a través de objetos familiares, como es un panel?

4.1 Procedimiento

El experimento se llevo a cabo en el seno de un grupo de investigación donde se habilitó una sala de reuniones para el experimento, se utilizaron 3 dispositivos móviles, cada uno de ellos integraba un lector RFID en su interior y el software correspondiente al dispositivo móvil. Había un ordenador que proyectaba la pantalla colaborativa en la pared con el fin de que lo pudieran visualizar todos los usuarios fácilmente. Todos los dispositivos estaban conectados al servidor vía WiFi.

Se utilizaron para la evaluación un total de 30 personas, (18 hombres, 12 mujeres) con edades correspondidas entre 18- 57 años, que participaron en el estudio.

Ninguno había utilizado antes el sistema. Se simularon reuniones de tres personas, cada uno de ellos llevó a cabo las tareas de una forma distinta, puesto que queríamos comparar tres casos distintos, Uno de ellos utilizaba el sistema con el panel interactivo, el dispositivo móvil y el proyector. El otro hacía uso del sistema con el dispositivo móvil y el proyector. El último utilizaba el sistema desde una GUI que engloba la interfaz principal, el menú y el explorador de archivos.

Se les propuso que realizaran las siguientes tareas:

1. Que enviaran un archivo a los demás compañeros y todos lo abrieran desde su dispositivo.

2. Cada uno debía enviar una nota a la pantalla colaborativa y comentarla.

Se utilizaron dos métodos de evaluación *Observación Directa* o (Direct Observation)[12], consistente en observar y anotar todos los datos que vayan surgiendo en la sesión y el cuestionario de usabilidad *SUS* (System Usability Scale) [2]. Con el fin de comprobar el comportamiento del usuario utilizando al sistema que distribuye las interfaces siguiendo el modelo cognitivo del usuario frente a otras alternativas, se han planteado las siguientes opciones.

-Opción A. Las interfaces se dividen en 3 partes, cada una se ejecuta en un espacio y dispositivo distinto: En este caso se utilizan el panel, el móvil y el proyector.

-Opción B. Las interfaces de usuario se dividían en dos espacios, el espacio privado correspondiente al dispositivo móvil, desde donde se tenían que ejecutar las tareas, abrir los archivos y enviarlos. El otro espacio correspondía a la interfaz de usuario proyectada.

-Opción C. Se utilizó una interfaz que contenía lo necesario para realizar las tareas disponibles en el sistema, pero el uso era desde un ordenador.

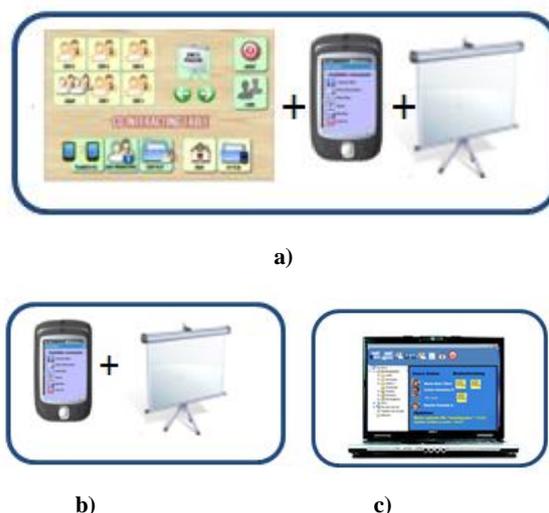


Figura 6. Distintos tipos de experimentos que se han evaluado con el fin de comparar las desventajas y ventajas de cada uno. (a) Corresponde a la utilización del sistema dividiendo la GUI en tres dispositivos distintos (panel, dispositivo móvil y proyector). (b) Opción que hacía uso del sistema utilizando el dispositivo móvil y el proyector. (c) Interfaz de usuario gráfica que se ejecuta en un computador tradicional.

4.2 Resultados

A continuación se describe el nivel de satisfacción subjetiva obtenido a través del test de usabilidad denominado SUS.

Opción a. El sistema obtuvo 84,2 (de 100) con una desviación estándar de 7,27 exactamente. Todos los participantes tenían una visión positiva del sistema. Los que utilizaron la opción (a) manejaban el panel intuitivamente, además las interfaces del dispositivo móvil se generaban automáticamente, evitándoles centrarse excesivamente en el dispositivo.

Opción b. El sistema obtuvo 72,2 (de 100) con una desviación estándar de 8,41 exactamente. Los que utilizaron la opción (b) tenían problemas con el dispositivo móvil, la pantalla era muy limitada para mostrar toda la información pertinente, necesitaban navegar entre las interfaces cada vez que debían realizar una tarea. El aprendizaje era más complicado. Los usuarios con menos experiencia tardaron más tiempo, además necesitaron ayuda de los evaluadores para utilizar el dispositivo móvil.

Opción c. El sistema obtuvo 58,9 (de 100) con una desviación estándar de 5,96 exactamente. Los que utilizaron la opción (c) al final miraban la pantalla compartida porque les resultaba más fácil, algunos se perdían y se distraían con el portátil. En este caso el aprendizaje era más lento.

5. CONCLUSIONES

Actualmente los entornos con múltiples dispositivos y objetos digitalizados están insertándose rápidamente en la vida cotidiana de los usuarios. Para aprovechar las numerosas ventajas que nos ofrecen es necesario ofrecer mecanismos de interacción que se adapten fácilmente. Las interfaces de usuario distribuidas se han convertido en una realidad debido al creciente incremento de dispositivos y a la necesidad de interactuar con ellos. Pero todavía existen aspectos que hay que estudiar y tener en cuenta, como son la distribución de interfaces sin perder la usabilidad, sin despistar al usuario y sin resultar un obstáculo para llevar a cabo su tarea. También es imprescindible adaptarlas a ambientes colaborativos por la cantidad de tareas que se llevan a cabo de este tipo. Una de las opciones que se han escogido en este artículo ha sido el estudio de los procesos cognitivos con el fin de realizar una distribución similar a la manera de trabajar que tiene nuestra mente diariamente.

6. ACKNOWLEDGMENTS

Esta investigación ha sido parcialmente subvencionada por el CDTI español de investigación del proyecto CENIT-2008-1019, el proyecto CICYT TIN2011-27767-C02-01 y los proyectos regionales con referencia PPII10-0300-4174 and PII2C09-0185-1030.

REFERENCES

- [1] Balme,L. Demeure,A. Barralon,N. Coutaz,J. and Calvary, G. . CAMELEON-RT: A software architecture reference model for distributed, migratable, and plastic user interfaces. In Proceedings of the Symposium on Ambient Intelligence, volume 3295 of Lecture Notes in Computer Science, 291–302. Springer, 2004.
- [2] Benoît C., Grice,M. Hazan,V., The SUS test: a method for the assessment of text-to-speech synthesis intelligibility using semantically unpredictable sentences, Speech Communication, v.18 n.4, p.381-392, June 1996
- [3] Demeure, J. Sottet,S. Calvary,G. Coutaz,J. Ganneau,V. and Vanderdonckt,J. The 4C reference model for distributed user interfaces. In Proceedings of the International Conference on Autonomic and Autonomous Systems, 61–69, 2008.
- [4] 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.
- [5] Grolaux, D., Vanderdonckt, J., Van Roy, P. Attach me, Detach me, Assemble me like You Work. Proc of 10th IFIP TC 13 Int. Conf on Human-Computer Interaction INTERACT'2005 (Rome, 12--16 September 2005). M.-F. Costabile, F. Paternò (Eds.). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3585, Springer-Verlag, Berlin, 2005, pp. 198--212.
- [6] González,P.,Gallud,J.A.,Tesoriero,R. WallShare: A Collaborative Multi-pointer System for Portable Devices. PPD10: Workshop on coupled display visual interfaces. May 25, 2010: Rome, Italy.
- [7] Gutwin, C., and Greenberg. S. Design for Individuals, Design for Groups: Tradeoffs between Power and Workspace Awareness. In Proceedings of CSCW'98(November, Seattle, WA), ACM Press, 1998, pp. 207–216.
- [8] Hollan, J., Hutchins, Kirsch, E. D.. Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research., ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 2, June 2000, 179.
- [9] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito. “The Internet of Things: A Survey”. The International Journal of Computer and Telecommunications Networking , 54, 15, 2010.
- [10] Melchior,J. Grolaux,D. Vanderdonckt,J. and Roy,P. V. A toolkit for peer-to-peer distributed user interfaces: concepts, implementation, and applications. In Proceedings of the ACM Symposium on Engineering Interactive Computing System, 69–78, 2009.
- [11] Norbert A. Streitz , Jörg Geißler , Torsten Holmer , Shin'ichi Konomi , Christian Müller-Tomfelde , Wolfgang Reischl , Petra Rexroth , Peter Seitz , Ralf Steinmetz, i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit, p.120-127, May 15-20, 1999, Pittsburgh, Pennsylvania, United States.
- [12] Preece, J., et al. “Human Computer Interaction” ISBN: 0-201-62769-8. Addison Wesley
- [13] Rekimoto, J., and Saitoh, M. A Spatially Continuous Workspace for Hybrid Computing Environment. In Proceedings of CHI'99 (May, Pittsburgh, PA.), ACM Press, 1999, pp. 377–385.34–241.
- [14] Romero, S., Tesoriero, R., Villanueva, P.G., Gallud, J. A., Penichet, V. M.: Sistema Interactivo para la Gestión de Documentos Georeferenciados basado en RFID. Proceedings of the X Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador Interacción 2009.
- [15] Shen, C., Everitt, K.M.; Ryall, K., UbiTable: Impromptu Face-to-Face Collaboration on Horizontal Interactive Surfaces, UbiComp 2003. LNCS 2864. 281-288.
- [16] Stewart, B., Bederson, B., and Druin, A. Single Display Groupware: A Model for Co-present Collaboration. In Proceedings of CHI' 99 (April, Pittsburgh, PA), ACM Press, 1998, pp. 286–293. oration on Horizontal Interactive Surfaces, UbiComp 2003. LNCS 2864. 281-288.

- [17] Tandler, P. Prante, Th., Müller-Tomfelde, Th., Streitz, N., and Steinmetz, R., *ConnecTables: Dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces*, Proc. of 14th ACM Symp. on UI Software and Tech. UIST'01, ACM Press, New York, 2001, pp.11–20
- [18] Terrenghi, L., Quigley, A., Dix, A., *A taxonomy for and analysis of multi-person-display ecosystems*. Personal and Ubiquitous Computing (2009). Springer-Verlag, 13:583-598.
- [19] Vanderdonckt, J. *Distributed user interfaces: How to distribute user interface elements across users, platforms, and environments*. In Proceedings of the International Conference on Interaccion, 2010.
- [20] Vandervelpen, Ch., Vanderhulst, K., and Coninx, K. *Light-weight Distributed Web Interfaces: Preparing the Web for Heterogeneous Environments*. Proc. of 5th Int. Conf. on Web Engineering ICWE'2005 (Sydney, July 25--29, 2005). Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- [21] Weiser, M. *The computer of the 21 century*. Scientific American Special Issue on Communications, Computer, and Networks, 1991
- [22] Wigdor, D.; Jian, H.; Forlines, C.; Borkin, M.; Shen, C., "WeSpace: The Design Development and Deployment of a Walk-up and Share Multi-surface Visual Collaboration System", ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), ISBN: 978-1-60558-246-7, April 2009 (ACM Portal)

Modelado de la interacción en espacios interactivos heterogéneos

Ricardo Tesoriero, José A. Gallud, Pedro G. Villanueva, Gabriel Sebastian
 Universidad de Castilla-La Mancha

Escuela Superior de Ingeniería Informática. Edificio Infante Don Juan Manuel
 Campus Universitario de Albacete (02071) Albacete, España
 (+34) 967 599 200

[ricardo.tesoriero, jose.gallud, pedro.gonzalez]@uclm.es, gsebas@gmail.com

ABSTRACT

Este artículo presenta un meta-modelo para representar la interacción en entornos de computación ubicua donde se mezclan diferentes técnicas de manipulación de la información a través de espacios de diferente naturaleza (pantallas táctiles, movimientos, gestos, etc.). Para conseguir este objetivo, se divide la representación de estos espacios en: estructura de espacios y temporización de eventos. Mientras la estructura de espacios representa relaciones como la herencia, la composición o la agregación de espacios; la temporización de eventos se representa mediante el uso expresiones regulares. Además, el artículo presenta un editor de modelos que permite la validación, el intercambio y la manipulación de modelos siguiendo los estándares de la Object Management Group. El artículo también explica cómo relacionar el modelo de espacios con una arquitectura dirigida por modelos basada en el Cameleon Reference Framework. Finalmente, el artículo expone un conjunto de modelos que representan diferentes escenarios de interacción.

Categorías y descriptores

D.2.1 [Requirements/Specifications]: Languages, Methodologies and Tools— *space modeling*. H.5.2 [User Interfaces]: Theory and Methods— *location-aware application modeling*

Términos generales

Lenguajes, Teoría, Interacción persona-ordenador.

Palabras clave

Interacción persona-ordenador, aplicaciones sensibles a la ubicación, desarrollo de interfaces dirigidas por modelos, arquitecturas dirigidas por modelos.

1. INTRODUCCION

En 1993 Mark Weiser resumió su visión de la interacción persona-ordenador en la frase: “el mundo no es un escritorio”. Así dio paso a lo que llamó “entornos de computación ubicua” [1] donde muchos ordenadores son compartidos por muchos usuarios al mismo tiempo. El principal problema de interactuar con muchos ordenadores al mismo tiempo está en discernir con cual/es interactuar en cada momento para poder llevar a cabo una tarea determinada. Así, acuñó el concepto de “Calm technology” [1] donde expuso que la mejor herramienta es la que no se tiene conciencia que se está utilizando, ya que permite al usuario con-

centrarse en la tarea, en lugar del uso de la herramienta. Las aplicaciones sensibles al contexto son un ejemplo de este tipo de herramientas [2][3].

Actualmente existen dispositivos de interacción con unas capacidades de percepción del medio ambiente que hace unos años eran inalcanzables y que pueden ayudar en la concepción de aplicaciones donde el usuario puede interactuar con el sistema de manera natural. Entre las capacidades más populares encontramos: la detección de la posición de usuario (GPS y RFID), la orientación, la intensidad de luz, aceleración de movimientos cinéticos, el reconocimiento de imágenes, el reconocimiento de gestos mediante el tacto (pantallas multi-táctiles), etc. Estas capacidades se encuentran embebidas en un sinnúmero de dispositivos de uso cotidiano como: los teléfonos inteligentes, los mandos consolas de juegos (Wii-mote, Play Station Move, etc.) o incluso incorporados en el mismo ambiente donde el mando es el mismo cuerpo humano (Kinect).

Dada la complejidad inherente al desarrollo de este tipo de aplicaciones, sumado a la gran diversidad de los dispositivos de interacción, las Arquitecturas Dirigidas por Modelos (ADM) (<http://www.omg.org/mda/>) son un instrumento más que adecuado para desarrollo de este tipo de aplicaciones [4].

La Fig. 1 muestra cómo una ADM soporta el desarrollo dirigido por modelos de interfaces de usuario basado en el Cameleon Reference Framework (CRF) [5].

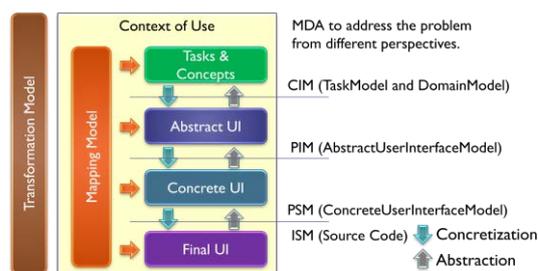


Figura 1. Relación entre el CRF y las ADM.

El CRF ofrece un modelo de contexto de uso que se utiliza para especificar el modelo de usuario, plataforma y entorno. En particular, el modelo de entorno permite la descripción de entornos interacción tales como, interfaces GUI con ratón y teclado, interfaces táctiles, de voz, etc. Sin embargo, todos ellos de forma homogénea. Es decir, no se pueden mezclar diferentes formas de interacción dentro de un mismo entorno.

Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar un meta-modelo a nivel de modelo independiente de la computación (CIM) que permite especificar diferentes situaciones de interacción de manera independiente del espacio de interacción que se utilice para interactuar con el sistema en función de las capacidades de los dispositivos.

La principal ventaja de este enfoque de modelado es la posibilidad de: (a) independizarse de la plataforma de hardware/firmware/software utilizada para interactuar con el sistema, y (b) combinar diferentes modos de interacción a través de un lenguaje común para todos los dispositivos.

La estructura del artículo continúa con la descripción de la sintaxis abstracta del lenguaje (meta-modelo) que permite representar la interacción en espacios interactivos heterogéneos comienza con la conceptualización del espacio como entidad principal en el modelado del ambiente. Seguidamente, presentamos el meta-modelo y el lenguaje específico de dominio (sintaxis concreta del lenguaje). Luego, se expone la relación que existe entre el modelo de tareas y el de espacios dentro de la ADM. Después describimos el impacto del meta-modelo en la descripción de los aspectos relacionados con las características de los sistemas sensibles al contexto que pueden ser representados mediante este meta-modelo. Finalmente, exponemos las conclusiones y el trabajo futuro.

2. META-MODELO DE ESPACIOS

Para poder crear modelos de espacios se define una sintaxis abstracta en EMOF (<http://www.omg.org/mof/>) enriquecido con OCL (<http://www.omg.org/spec/OCL/2.0/>). La Fig. 2 muestra el meta-modelo utilizado en la construcción de modelos de espacios.

Desde el punto de vista estructural, un **espacio** (*Space*) se utiliza para representar tanto una entidad física (un dispositivo, un ser humano, un edificio, una habitación, una silla, un robot, un país, etc.) como una virtual (un botón de una interfaz gráfica de usuario, un espacio vectorial, un espacio gráfico, un recurso virtual, un espacio de red, etc.). Para describir los diferentes espacios de interacción se definen 3 relaciones estructurales entre espacios: la **contención**, la **agrupación** y la **generalización**. El concepto de **contención** (*Containment*) representa la relación entre espacios (*Spaces*) S_1 y S_2 de manera tal que si S_2 está “contenido” en S_1 entonces S_2 es hijo de S_1 y S_1 es el único padre de S_2 . Un uso clásico de este tipo de relaciones es la representación de la contención física de espacios; por ejemplo, una habitación está contenida en una casa. El concepto de **agrupación** (*Grouping*) de espacios también permite relacionar dos espacios (*Spaces*) S_1 y S_2 de manera tal que si S_2 “es miembro” de S_1 entonces S_1 agrupa a S_2 , y además, S_1 es uno de los posibles padres de S_2 . Por ejemplo, las habitaciones con vista al mar de un hotel. Finalmente, el concepto de **generalización** (*Generalization*) también permite relacionar dos espacios (*Spaces*) S_1 y S_2 de manera tal que si S_2 “es una especialización” de S_1 entonces S_1 “representa la clase” de S_2 . Por ejemplo, las salas de estar de un hotel pueden generalizarse en un espacio denominado “salas de estar”.

Desde el punto de vista temporal, la ocurrencia de un **evento** (*Event*) representa la relación entre dos espacios. Uno de los espacios se denomina origen (*source*), y “estimula” o “afecta” al espacio destino (*target*). El resultado de la relación entre ambos espacios puede ser verdadera, si ocurre o ha ocurrido, o falsa en caso contrario. Existen 2 tipos de eventos: los **eventos inter-espacio** (*InterSpaceEvent*) o los **eventos intra-espacio** (*IntraSpaceEvents*). Denominamos **eventos inter-espacio** a aquellos que implican una transición entre dos espacios. Ejemplos de este tipo de eventos son: entrar (enter), salir (exit), etc. En cambio, denominamos **eventos intra-espacio** a aquellos que se llevan a cabo en un mismo espacio.

Ejemplos de este tipo de eventos son: mover (move), arrastrar (drag), etc. Esta clasificación de eventos permite interpretar las relaciones entre los espacios de una manera formal, tal como se

muestra en la Tabla 1 dónde S representa un espacio, \leq representa implica, y \neq representa no implica.

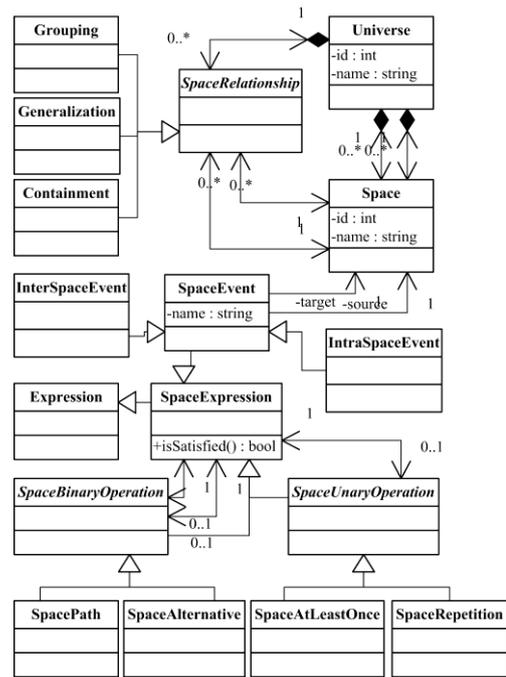


Figura 2. Meta-modelo para la representación de espacios.

Tabla 1. Interpretación de eventos

Evento		Rel.	Evento	
Inter-espacio	Intra-espacio		Inter-espacio	Intra-espacio
S_1 contiene S_2				
	S_1	\leq		S_2
S_1		\neq	S_2	
	S_2	\neq		S_1
S_2		\neq	S_1	
S_1 agrupa S_2				
	S_1	\leq		S_2
S_1		\leq	S_2	
	S_2	\neq		S_1
S_2		\neq	S_1	
S_1 generaliza S_2				
	S_1	\neq		S_2
S_1		\neq	S_2	
	S_2	\leq		S_1
S_2		\leq	S_1	

Para relacionar temporalmente a los espacios hemos definido una estructura basada en la semántica de las expresiones regulares. Como consecuencia, se pueden definir expresiones espaciales (*SpaceExpressions*) que representen la ocurrencia de secuencias de eventos contextualmente relevantes. Para la definición de estas expresiones, hemos definido como expresión atómica, (palabra, en términos de expresiones regulares) al **evento**. Para expresar la ocurrencia de un evento 0 o más veces (Kleene closure, en términos de expresiones regulares) se utiliza la operación de **repetición** (*SpaceRepetition*). La variante de esta expresión dónde el evento ocurre una o más veces, se denomina **al**

menos una vez (*SpaceAtLeastOnce*). Un camino (*SpacePath*), o concatenación en términos de expresiones regulares, representa una secuencia de expresiones; donde la primera expresión ocurre, antes de la segunda. Finalmente, una alternativa (*SpaceAlternative*), o elección en términos de expresiones regulares, representa que una de las dos expresiones debe ocurrir.

El Lenguaje Específico de Dominio (DSL) está soportado por un editor de modelos que utiliza los frameworks: EMF (<http://www.eclipse.org/emf/>) y GMP (<http://www.eclipse.org/modeling/gmp/>) de la plataforma Eclipse (<http://www.eclipse.org>) entre otros. Así se consigue con estándares de la OMG (<http://www.omg.org>), tales como el XMI para fomentar el intercambio de modelos, de forma transparente al desarrollador. Mientras la Fig. 3 muestra la sintaxis concreta para la representación estructural de los espacios de interacción junto con el editor de modelos; la Tabla 2 muestra la sintaxis concreta para la representación temporal de la ocurrencia de eventos; donde S representa un espacio, y *SpExp* representa una expresión espacial.

2.1 Relación con el modelo de tareas

Uno de los principales problemas que nos encontramos al tratar de modelar el contexto espacial de las aplicaciones sensibles al contexto, es cómo abstraerlos del modelo de tareas empleado para especificar el sistema. El modelado de tareas puede llevarse a cabo mediante diferentes técnicas. Por un lado, están las técnicas de modelado discreto como CTT [6]. Por el otro, las basadas en el modelado continuo, tales como las Redes de Petri o los Workflows (<http://www.wfmc.org/>).

Tabla 2. Sintaxis concreta de la temporización de eventos

Meta-clase	Expresión
SpaceEvent	Event (S_s, S_t)
SpacePath	$SpExp_1, SpExp_2$
SpaceAlternative	$SpExp_1 + SpExp_2$
SpaceRepetition	$SpExp^*$
Space AtLeastOnce	$SpExp!$

Dadas las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas, nosotros simplemente relacionamos nuestras expresiones como pre-condiciones para la ejecución de las tareas. Así conseguimos independizarnos de la técnica del modelado de tareas que empleamos. El planteamiento puede ser muy atractivo a primera vista, pero hay que ser cuidadoso ya que cuando definimos una pre-condición no distinguimos entre una situación de “disparo”, de una de “intención” de ejecución de una tarea. Sin embargo, si se sigue el proceso descrito en la Fig. 1 definido por el CRF, esta distinción puede llevarse a cabo más adelante, específicamente en el PIM que está definido por el modelo de Interfaz de Usuario Abstracta (AUI). Esto se logra mediante el uso de reglas Evento-Condición-Acción (ECAs) [7]. Allí introducimos el concepto de evento o condición según corresponda.

3. ESCENARIOS DE MODELADO

En esta sección mostramos ejemplos de modelos de diferentes espacios de interacción utilizando el DSL descrito en las secciones anteriores.

3.1 Interfaces físicas, Point & Click y WIMP

En este escenario se presenta el modelo simplificado de la interfaz física de un control remoto de un televisor que realiza dos tareas: (a) Bajar el Volumen (T_{sv}) y (b) Cambiar de canal (T_{cc}). Mientras el modelo estructural se muestra en la Fig. 4, un ejemplo de las expresiones del modelo temporal sería (1) para el caso de T_{sv} .

$$\text{pre } T: \text{pressed}(\text{Usuario}, \text{SubirVolumen}) \quad (1)$$

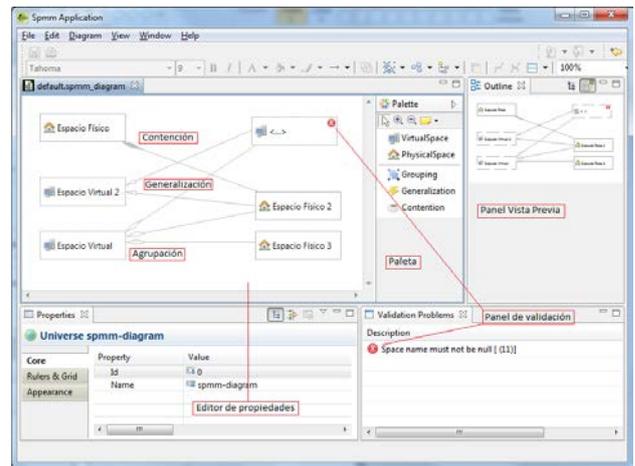


Figura 3. Editor de modelos de espacios.

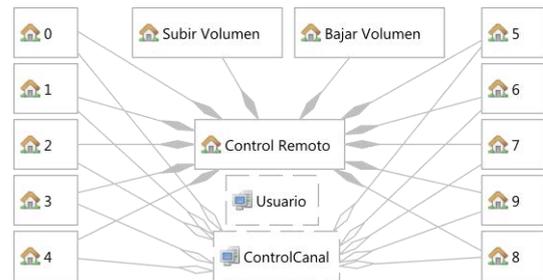


Figura 4. Modelo descriptivo de un control remoto

La expresión (1) se interpreta como “disparadora” de T_{sv} ; entonces “mientras el usuario mantiene presionado el botón Subir Volumen”, se sigue ejecutando T_{sv} . Cuando el usuario “deje de presionar el Subir Volumen”, se apilará el evento *released(Usuario, SubirVolumen)*. Por lo tanto, la expresión (1) dejará de ocurrir, y T_{sv} dejará de ejecutarse.

El caso de T_{cc} es similar, pero tiene una variante, el tiempo. Por lo tanto, tenemos que definir tanto una pre, como una post condición.

$$\text{pre } T: \text{last}(500), \text{released}(\text{Usuario}, \text{ControlCanal})! \quad (2)$$

$$\text{post } T: \text{mark}(\text{Usuario}, \text{CambioCanal}) \quad (3)$$

En (2) hemos añadido un nuevo tipo de evento *last*. Éste es un evento especial, porque nos permite establecer condiciones temporales sobre los eventos de la pila de eventos. Indica que para que se cumpla la expresión, debieron haber transcurrido al menos 500 ms desde la ocurrencia del último evento. Así conseguimos el efecto de “retardo” para ejecutar T_{cc} . Actualmente, este evento no se muestra en el meta-modelo por razones didácticas.

La inclusión de este tipo eventos temporales implica un problema extra, necesitamos “marcar” la pila para que la pre-condición no sea válida *ad infinitum*. Así que introducimos (3) como post-condición de T_{cc} , para invalidar (2).

Una vez modelada una interfaz física, nos podemos hacer la siguiente pregunta: ¿qué tengo que cambiar para modelar el mismo escenario en una interfaz de estilo Point & Click o WIMP?

La respuesta depende de las capacidades que tienen este tipo de estilos respecto del dispositivo físico. Si no vamos a utilizar ningún “evento” diferente (particular de alguno de los estilos) a los que definimos, entonces la respuesta es nada. Esto es un ejemplo que muestra la flexibilidad de modelado en distintas plataformas de hardware/firmware/software. Como consecuencia, nuestro meta-modelo es capaz e representar espacios heterogéneos de interacción.

3.1.1 Interfaces sensibles a la ubicación

Este escenario se basa en la obtención de información en función de la posición del usuario en una galería de arte o museo. Un posible modelo estructural se ve en la Fig. 5. El modelo describe 3 obras y 2 tipos de usuario.



Figura 5. Modelo descriptivo de un espacio cultural

Supongamos que tenemos una tarea específica para cada obra por cada tipo de usuario. Entonces, definimos las tareas T^t_1 , T^t_2 y T^t_3 que se corresponden con la información para turistas, de las obras Obra 1, Obra 2 y Obra 3 respectivamente; y T^e_1 , T^e_2 y T^e_3 que se corresponden con la información para expertos, de las obras Obra 1, Obra 2 y Obra 3 respectivamente. Utilizando las relaciones definidas en la Fig.5, podemos definir (4) y (5) para mostrar información a los turistas (T^t) y otra para los expertos (T^e).

$$\text{pre } T^t: \text{enter}(\text{Turista}, \text{Zona Interacción Obra}) \quad (4)$$

$$\text{pre } T^e: \text{enter}(\text{Experto}, \text{Zona Interacción Obra}) \quad (5)$$

3.1.2 Interfaces multi-táctiles

Con este tipo de interfaces nos encontramos con el problema de definir expresiones donde no tenemos un único puntero, sino varios al mismo tiempo. Por ejemplo, necesitamos una expresión para modelar la siguiente situación: “presionar con 2 dedos sobre un espacio”. Un posible modelo de espacios sería el estructural que vemos en la Fig. 6 y el temporal representado por (6).

$$\text{pre } T: \text{pressed}(\text{PuntoInteracción2}, \text{Espacio}), \text{pressed}(\text{PuntoInteracción1}, \text{Espacio}) \quad (6)$$



Figura 6. Modelo descriptivo de un escenario multi-táctil

Notar que la expresión (6) es válida, si y solo si los puntos de interacción se detectan de forma ordenada. Pero, ¿qué consecuencias habría si el sistema táctil fuera tan inteligente como para identificar el cada uno de los dedos? por ejemplo, distinguir entre índice y anular. En ese caso, la expresión sólo serviría para una secuencia específica, por lo que tendríamos que utilizar la extensión de la expresión (6) que vemos en (7).

$$\text{pre } T: (\text{pressed}(\text{PuntoInteracción2}, \text{Espacio}), \text{pressed}(\text{PuntoInteracción1}, \text{Espacio})) + (\text{pressed}(\text{PuntoInteracción1}, \text{Espacio}), \text{pressed}(\text{PuntoInteracción2}, \text{Espacio})) \quad (7)$$

Aunque la expresión es válida, la expresión de eventos simultáneos puede ser un verdadero problema (exponencial). Por lo que se podría extender el lenguaje para el soporte de operadores de concurrencia, tal como se ha explicado en la Sección 2.1.

3.1.3 Interfaces cinéticas

Las interfaces cinéticas nos permiten percibir diferentes atributos de los movimientos, para posteriormente interpretarlos. Para modelar este tipo de movimientos, utilizamos como referencia el espacio universo U , que es en dónde ocurrirán los eventos. Así, si queremos representar el movimiento “hacia arriba”, podemos definir un espacio S , que representa al usuario, y una expresión evento (por ej. $\text{pre } T: \text{arriba}(S, U)$).

3.1.4 Interfaces colaborativas

De acuerdo a la semántica expuesta en la Sección 2, podemos expresar situaciones colaborativas cuando relacionamos espacios que pertenecen a distintas entidades. Por ejemplo, la expresión (8) representa la ejecución de una tarea cuando dos usuarios (S_1 y S_2) han realizado un movimiento hacia arriba.

$$\text{pre } T: \text{arriba}(S_1, U), \text{arriba}(S_2, U) + \text{arriba}(S_2, U), \text{arriba}(S_1, U) \quad (8)$$

4. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

A partir de las capacidades de percepción del entorno de las nuevas tecnologías, planteamos un meta-modelo capaz de abstraer el entorno y las entidades que interactúan en él para crear un lenguaje de interacción común. Y así, poder modelar escenarios de interacción donde participan espacios interactivos heterogéneos (VR, táctiles, cinéticos, etc.) de una manera unificada.

Las principales ventajas de este meta-modelo son: (a) modelado de espacios de interacción heterogéneos con un lenguaje común, (b) independencia de modelo de tareas a emplear, (c) capacidad para representar las características escenarios de aplicaciones sensibles al contexto en entornos de computación ubicua, entre muchas otras derivadas de estas.

Si bien, la validación de modelos se realiza sólo en los modelos estructurales, como trabajo futuro estamos considerando también incluir la verificación de expresiones mediante el uso del framework XTEXT (<http://www.eclipse.org/Xtext/>). Siguiendo con esta línea estamos preparando un editor híbrido que sea capaz de validar las expresiones espaciales dentro del entorno GMF.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia CICYT-TIN 2011-27767-C02-01 y los proyectos regionales de la JCCM PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030.

REFERENCIAS

- [1] Weiser, M. and Brown, J. S. The coming age of calm technology. In Peter J. Denning and Robert M. Metcalfe, editors, *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*, pp. 75-85. Copernicus, 1997.
- [2] Schilit, B. and Theimer, M. Disseminating active map information to mobile hosts. *IEEE Network*, pp. 22-32, 1994.
- [3] Dey, A. K., Abowd, G. D. and Salber, D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 16(2/4):97-166, 2001.
- [4] Tesoriero, R., Gallud, J. A., Lozano, M. D. and Penichet, V. M. R. Arquitecturas dirigidas por modelos aplicadas a aplicaciones sensibles al contexto. *Actas de XVI JISBD*. ISBN 978-84-9749-486-1. A Coruña, España, Sept. 5-7, 2011.
- [5] Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L. and Vanderdonck, J. A unifying reference framework for multi-target user interfaces. *Interacting with Computers*, 15(3), pp. 289-308. 2003.
- [6] Paternò, F. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*. Applied Computing. Springer-Verlag, 1999.
- [7] Dittrich, K. R., Gatzju, S. and Geppert, A. *The Active Database Management System Manifesto: A Rulebase of ADBMS Features*. LNCS 985, Springer 1995, ISBN 3-540-60365-4.

Evaluación de Sistemas Interactivos

Repositorio Abierto de Heurísticas

Llúcia Masip
Universidad de Lleida
c/ Jaume II, 69
25001 Lleida

lluciamaar@diei.udl.cat

Marta Oliva
Universidad de Lleida
c/ Jaume II, 69
25001 Lleida

oliva@diei.udl.cat

Toni Granollers
Universidad de Lleida
c/ Jaume II, 69
25001 Lleida

tonig@diei.udl.cat

RESUMEN

En una evaluación de usabilidad mediante la técnica heurística, y aunque parezca inverosímil, la búsqueda y elección de las mejores reglas heurísticas es seguramente la tarea más complicada del proceso. En este artículo se presenta el Repositorio Abierto de Heurísticas como herramienta que pretende minimizar el impacto en esta etapa de la evaluación mediante esta técnica. El Repositorio, que tiene dos funciones principales (almacenamiento y consulta/actualización de heurísticas), pretende ser útil para evaluadores de sistemas interactivos y también para diseñadores de interfaces de usuario.

Categories and Subject Descriptors

H.5 [INFORMATION INTERFACES AND PRESENTATION]: H.5.2 User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6) - *Evaluation/ methodology*

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors, Standardization.

Keywords

Experiencia de usuario, evaluación heurística, repositorio, heurística.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación heurística es una de las metodologías de inspección de evaluación de la usabilidad más antiguamente utilizadas. Johnson y Ravden fueron los creadores de la metodología [1] pero quienes realmente la difundieron fueron Molich y Nielsen tan solo un año más tarde [2]. La evaluación heurística se proclamó como una de las metodologías más utilizadas por no requerir la participación directa de usuarios finales y, consecuentemente, por ser un método más rápido de realizar y más económico.

El procedimiento que actualmente se sigue para realizar una evaluación heurística sigue siendo el mismo que se definió en sus orígenes. El primer paso es preparar la evaluación. En este paso el administrador de la evaluación debe recolectar el conjunto de heurísticas más adecuado para evaluar la interfaz en cuestión. También debe elegir a los evaluadores que posteriormente irán puntuando cada una de las heurísticas y, finalmente, seleccionar los factores de severidad para que todos los evaluadores puntúen las heurísticas con el mismo rango de valores.

El siguiente paso es la realización de la evaluación por parte de los evaluadores. Éstos, tras una primera toma de contacto con la interfaz para familiarizarse con ella, puntúan cada una de las

heurísticas previamente elegidas utilizando los factores de severidad también previamente establecidos.

Una vez todos los evaluadores han realizado su evaluación de forma individual, se realiza una reunión para discutir todas aquellas heurísticas que han puntuado de forma distinta, llegar a un consenso y así obtener los resultados finales de la evaluación, que principalmente serán de tipo cualitativo.

Existen distintas herramientas que dan soporte en alguna de las fases de realización de una evaluación heurística, como es R-IDE [3], UsabAIPO-Gestor heurísticas [4], Accusa [5] o el Gestor de heurísticas [6]. Estas facilitan la evaluación dando principalmente soporte en la parte organizativa de la misma. Para cada caso concreto, permiten elegir manualmente cuáles van a ser las reglas heurísticas a evaluar, dan soporte durante la puntuación de cada uno de los criterios heurísticos y, en ocasiones, proporcionan algún tipo de resultado tanto cualitativo como cuantitativo.

Nuestro propósito general es conseguir una herramienta que cubra todas las necesidades para realizar un análisis, basado en heurísticas, de la experiencia de usuario de un sistema interactivo y que automatice todas las partes posibles del proceso. La herramienta, denominada Open-HEREDEUX (Open HEuristic REsource for Designing and Evaluating User eXperience) [7] pretende dar soporte durante todo el proceso completo de realización de una evaluación heurística desde la planificación inicial de la evaluación hasta la obtención de los resultados finales.

Concretamente, en este artículo se presenta el primer componente de Open-HEREDEUX, el Repositorio Abierto de heurísticas. Su función principal es almacenar toda la información necesaria para conseguir la más amplia “despensa” de heurísticas en la que se pueda seleccionar el mejor conjunto dependiendo de aspectos concretos (funcionalidades, componentes, características y facetas de la experiencia de usuario). Además, el Repositorio Abierto de heurísticas, aun y formar parte de Open-HEREDEUX, puede ser utilizado de forma autónoma e independiente de los otros componentes del sistema, para consultar, modificar y ampliar las heurísticas que tiene almacenadas de acuerdo a una serie de criterios.

A continuación se detallan las principales características de Open-HEREDEUX para presentar, posteriormente, el componente objeto de este trabajo: el Repositorio Abierto de heurísticas. En la sección 4 se describe una tabla comparativa de todas las herramientas contempladas. Posteriormente, se detalla el proceso de desarrollo del Repositorio Abierto y, finalmente, se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. OPEN-HEREDEUX

Open-HEREDEUX [7] es un sistema que ofrece un conjunto de recursos con el objetivo principal de semiautomatizar ciertas fases de una evaluación heurística [2]. De acuerdo a las fases en las que se estructura la realización de una evaluación heurística, Open-HEREDEUX está formado por 4 componentes: el Repositorio Abierto de heurísticas (junto a su gestor), el Asesor Heurístico, el Puntuador de heurísticas y el Procesador de Resultados. La Figura 1 muestra el esquema general de Open-HEREDEUX.

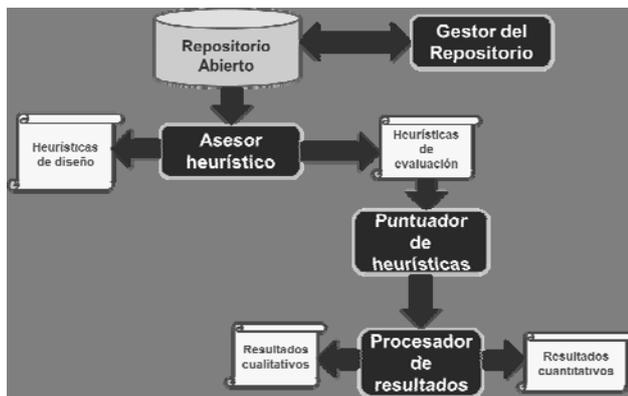


Figura 1. Open-HEREDEUX.

El Repositorio Abierto de heurísticas tiene como objetivo principal almacenar toda la información necesaria para poder considerar la experiencia de usuario (UX) durante el diseño o la evaluación de un sistema interactivo. El Asesor Heurístico utiliza la información que contiene el Repositorio Abierto para recomendar las mejores heurísticas de diseño o de evaluación para un sistema interactivo determinado. Una vez el módulo Asesor recomienda las mejores heurísticas para un sistema interactivo concreto, se puede utilizar el Puntuador de heurísticas para realizar la evaluación de este listado de heurísticas. Finalmente, el Procesador de Resultados, mediante la información recogida por el Puntuador de heurísticas, facilita la obtención de resultados finales tanto cualitativos como cuantitativos.

Con Open-HEREDEUX se va un paso más allá de la evaluación heurística. Por una parte, se amplía el rango de evaluación ya que tradicionalmente es utilizada para evaluar la usabilidad de un sistema interactivo. Utilizando Open-HEREDEUX se puede analizar la UX de un sistema interactivo. Considerando que *“La experiencia de usuario atiende a todos los factores, tanto internos como externos del usuario y del sistema interactivo, que causen alguna sensación a quien esté utilizando un sistema interactivo concreto en un determinado contexto de uso.”*[8]

Por otra parte y para ser capaces de considerar la UX en el diseño o evaluación de un sistema interactivo, se considera que un perfil de participantes que puede evaluar la interfaz es el perfil de usuario final del sistema. Por esta razón se considera que no se está realizando una evaluación heurística tal cual la definieron sus creadores y cómo tradicionalmente se viene aplicando. Si no que el hecho de considerar al usuario final como un evaluador más hace que se tenga que hablar de una herramienta que permite analizar la UX de un sistema interactivo utilizando una metodología basada en heurísticas.

2.1 Ventajas

Entre otras, una de las principales ventajas de utilizar Open-HEREDEUX es que se pasa de un proceso totalmente manual de elección de las mejores heurísticas para un sistema interactivo concreto, a un proceso semiautomático donde solo será necesario realizar una revisión general para valorar si las heurísticas proporcionadas son suficientes o no para el tipo de análisis que se quiere realizar.

Además, mediante el Puntuador de heurísticas, el sistema proporciona una interfaz de soporte en el proceso de valoración de cada una de las heurísticas.

Destacar también la parte de obtención de resultados donde se pretende conseguir tanto resultados cualitativos (los que normalmente se consideran en este tipo de técnicas) como cuantitativos. Hasta el momento, la extracción de resultados es un proceso íntegramente manual y también uno de los más costosos de todo el análisis heurístico. Open-HEREDEUX automatizará este proceso consiguiendo dos grupos de resultados. Por una parte, resultados cualitativos mediante un listado de propuestas de mejora que podrá ser utilizado directamente por el diseñador de la interfaz. Y por otra parte, los resultados cuantitativos que se obtendrán con la definición de un grado de UX específico para cada tipología de sistema interactivo.

Otra ventaja de Open-HEREDEUX es su característica de “abierto”. Por una parte, se presenta un conjunto de recursos que están programados en código abierto y que serán de libre distribución. Y, por otra parte, se pretende que sea suficientemente flexible y abierto para que cualquier experto pueda ir añadiendo información en el Repositorio para mejorarla y conseguir abarcar un amplio rango de tipologías de sistemas interactivos diversos.

Otra característica a considerar del sistema es que permitirá realizar un análisis de la UX en base a la ISO/IEC 25010:2011 [9]. Así se podrá obtener un sistema interactivo que cumpla con este estándar de calidad, de acuerdo con las facetas de la UX que implícitamente se incluyen en la ISO según se detectó en un trabajo previo [8].

A continuación se detalla el primer componente de Open-HEREDEUX: el Repositorio Abierto de heurísticas.

3. REPOSITARIO ABIERTO DE HEURÍSTICAS

El Repositorio Abierto de heurísticas, como ya se ha comentado, tiene como objetivo principal almacenar toda la información necesaria para poder diseñar un sistema interactivo que proporcione una UX positiva o para poder evaluar la UX en sistemas interactivos ya diseñados o desarrollados.

A continuación se detalla la información que se almacena en el Repositorio Abierto junto a la ontología que la especifica. Posteriormente, se describen las tareas que pueden realizarse mediante el Gestor del Repositorio para poder ver cómo y cuándo puede utilizarse el Repositorio Abierto y las ventajas que se obtienen al utilizarlo.

3.1 Información Almacenada

La información almacenada en el Repositorio Abierto está destinada a describir todas las relaciones necesarias entre datos que permitan identificar el conjunto de heurísticas más adecuado

para un sistema interactivo concreto. Para conseguir este objetivo, se utiliza la información que se presenta en la Figura 2 y que se detalla a continuación.

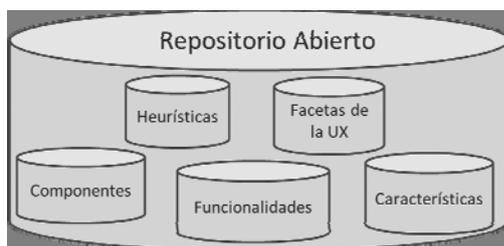


Figura 2. Repositorio Abierto de heurísticas.

La información más valiosa del Repositorio Abierto es el conjunto de las heurísticas que almacena, cuyo conjunto inicial fue recogido en un trabajo previo donde se recopilaron todas las definiciones de heurísticas desde 1986 hasta el momento [10]. Con este estudio se detectaron 16 categorías de usabilidad definidas por al menos 3 autores donde cada una de las categorías alberga un conjunto de heurísticas. Este conjunto de heurísticas, de acuerdo con su naturaleza y con los objetivos para los que se crearon, son aplicables a sistemas web y aplicaciones de escritorio. Posteriormente, las heurísticas fueron validadas en un caso real para mejorar tanto el redactado como la comprensión de las mismas. En este trabajo se detectó que era necesario presentar las heurísticas en modo enunciativo a los diseñadores y en modo interrogativo a los evaluadores [11]. Además, este conjunto de heurísticas se amplió gracias al trabajo realizado en dos experiencias reales de evaluación. Se llevaron a cabo dos análisis heurísticos a dos sistemas interactivos donde es poco común realizar una evaluación de usabilidad: un asistente virtual y un quiosco público [12]. Tanto en un análisis como en el otro nos percatamos de que no se podían utilizar las mismas heurísticas que se utilizan para analizar una interfaz web. Con lo cual antes de iniciar la evaluación fue necesario decidir manualmente cuales eran las mejores heurísticas para evaluar ambos sistemas (tarea que, por las características de los sistemas, resultó más complicada de lo inicialmente previsto). Actualmente, el Repositorio Abierto cuenta con el conjunto de heurísticas recolectado desde 1986 hasta ahora y las heurísticas utilizadas para analizar la usabilidad del asistente virtual [13][14][15][16] y el quiosco público [17][18][19][20]. En total actualmente el Repositorio almacena 363 heurísticas.

Las funcionalidades corresponden con la descripción de todas las tareas que se pueden realizar mediante la interfaz del sistema interactivo y que pueden ser objeto donde se debe obtener una UX positiva. A modo de ejemplo, se entiende como funcionalidad de una interfaz web la realización de una compra, el proceso de registrarse o de buscar una información determinada. Todas estas tareas implican distintas heurísticas de acuerdo con su naturaleza concreta. Actualmente, en el Repositorio Abierto se contemplan las siguientes funcionalidades: buscar información, realizar trámites, registrarse, identificarse, rellenar formularios e imprimir comprobantes

Las características son todos aquellos aspectos, que no son funcionalidades, y que deben considerarse cuando se incluye la UX en el diseño o evaluación de un sistema interactivo. Por ejemplo, si se tiene que diseñar un asistente virtual, se debería considerar como característica la capacidad del asistente virtual para simular el comportamiento humano. Esta característica

implicaría considerar heurísticas de emociones y de gesticulaciones para que el asistente actúe y transmita un comportamiento parecido a un humano. El Repositorio Abierto presenta actualmente las siguientes características: tener parte software, tener parte hardware y simular el comportamiento humano.

Los componentes de un sistema interactivo conforman todas las partes del sistema interactivo, ya sean partes software como partes hardware. Para determinar los componentes de un sistema interactivo se ha descrito una clasificación de componentes de sistemas interactivos de acuerdo con las partes que conforman un asistente virtual, un quiosco público y un portal Web [12]. Algunos ejemplos de componentes software son: los formularios, las tablas, las imágenes o los valores numéricos. Y algunos ejemplos de componentes hardware son: el teclado, la pantalla, la impresora o el lector de tarjetas para la firma electrónica. La jerarquía que se almacena actualmente en el Repositorio está compuesta por 57 componentes que se dividen en componentes software y componentes hardware.

Otra información que se almacena en el Repositorio Abierto es el conjunto de facetas de la UX. En un trabajo previo [8] se realizó un estudio para determinar las facetas de la UX que son implícitamente consideradas en la ISO/IEC 25010:2011 [9]. Con lo cual, el Repositorio Abierto se basa en el listado de facetas de la UX que se determinaron: accesibilidad, fiabilidad, deseable, emotividad, encontrable, jugabilidad, plasticidad, usabilidad, útil, multiculturalidad y comunicabilidad.

Toda la información detallada anteriormente (funcionalidades, características, componentes y facetas) se relaciona con las heurísticas para poder determinar el conjunto de heurísticas más adecuado para un sistema interactivo concreto. Es decir, teniendo en cuenta que cada funcionalidad, característica, componente y faceta está relacionado con un conjunto de heurísticas, si se determinan estos aspectos para un sistema interactivo concreto, se podrán obtener, gracias al Asesor heurístico, las mejores heurísticas para este sistema. Para determinar qué heurísticas se incluyen en cada una de las funcionalidades, características, componentes y facetas se ha seguido un proceso manual. De acuerdo con las clasificaciones que se obtuvieron en la recolección de heurísticas y de la descripción en lenguaje natural de cada una de ellas, se ha clasificando cada heurística en las funcionalidades, características, componentes y facetas correspondientes. Cabe destacar que en un inicio, solo se consideraban heurísticas de usabilidad. Pero la tendencia a incluir en la usabilidad aspectos atribuibles a otras facetas, causó que se realizara una posterior clasificación manual del conjunto final de heurísticas para determinar, de acuerdo con sus definiciones, si cada una de las heurísticas debía seguir considerándose como heurística de usabilidad o debía cambiarse a otra faceta.

Las tablas 1, 2, 3 y 4, que se presentan a continuación, muestran la cantidad de heurísticas que actualmente el sistema relaciona con cada funcionalidad, característica, componente y faceta. Destacar que para el caso de los componentes solamente se detalla la cantidad de heurísticas para el conjunto de los componentes software y hardware debido a que la jerarquía presenta 57 componentes.

Para garantizar la consistencia de las heurísticas, todas ellas están relacionadas con una sola faceta y con uno o más componentes. Aun así, no es necesario que cada heurística esté relacionada con una funcionalidad o una característica ya que todavía no se ha

realizado un estudio para determinar una clasificación exhaustiva de las funcionalidades y características que aparecen en los sistemas interactivos que se consideran actualmente en la herramienta.

Tabla 1. Cantidad de heurísticas por funcionalidad.

Funcionalidad	Cantidad
Buscar información	129
Realizar trámites	232
Registrarse	18
Identificarse	16
Rellenar formularios	72
Imprimir comprobantes	4

Tabla 2. Cantidad de heurísticas por característica

Característica	Cantidad
Tiene parte software	294
Tiene parte hardware	40
Simula el comportamiento humano	18

Tabla 3. Cantidad de heurísticas por componente

Componentes	Cantidad
Software	442
Hardware	85

Tabla 4. Cantidad de heurísticas por faceta

Faceta	Cantidad
Dependabilidad	27
Usabilidad	239
Accesibilidad	15
Emocional	6
Encontrable	19
Comunicabilidad	41
Multiculturalidad	16

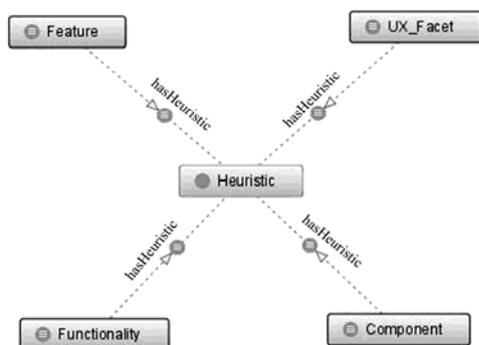


Figura 3. Ontología del Repositorio Abierto de heurísticas.

3.2 Ontología

De acuerdo con la descripción de la información que se almacena en el Repositorio Abierto, se presenta la relación entre estos datos. Tal y como se puede ver en la Figura 3, todos los datos están relacionados con las heurísticas, de modo que es posible determinar las mejores heurísticas para una funcionalidad, una característica, un componente o una faceta de la UX.

A continuación se presenta la definición de característica, funcionalidad, componente, faceta y heurística para establecer los datos necesarios para ampliar la información existente en el Repositorio Abierto. Tanto las funcionalidades como los componentes se definen con un nombre y una funcionalidad o componente *parent*, respectivamente. De modo que las funcionalidades y los componentes pueden conformar una jerarquía. La Figura 4 muestra los datos necesarios para definir una funcionalidad y un componente.

Como se puede ver en la Figura 5, las características se definen únicamente con un nombre. Y las facetas de la UX mediante un nombre y una descripción de la faceta.

Finalmente, una heurística se define con una descripción para el diseñador (heurística en formato enunciativo), una descripción para el evaluador (heurística en formato interrogativo) y un *parent* para permitir la creación de categorías dentro de las heurísticas. La Figura 6 muestra el esquema de datos.

Además, de acuerdo con la relación “*HasHeuristic*” cada faceta, funcionalidad, característica y componente debe relacionarse con algunas de las heurísticas de las que se dispone.

```

openheredeux.functionality
id : int(11)
name : varchar(36)
functionality_parent : int(11)

openheredeux.componentes
id : int(11)
name : varchar(24)
component_parent : int(11)
    
```

Figura 4. Datos necesarios para definir una funcionalidad y un componente.

```

openheredeux.features
id : int(11)
name : varchar(100)

openheredeux.facets
id : int(11)
name : varchar(14)
description : varchar(257)
    
```

Figura 5. Datos necesarios para definir una característica y una faceta.

```

openheredeux.heuristics
id : int(11)
heuristic_parent : int(11)
evaluator_description : varchar(260)
facet_id : int(11)
designer_description : varchar(260)
    
```

Figura 6. Datos necesarios para definir una heurística.

Esta relación es clave para el sistema presentado, pues mediante ésta se aporta la semántica necesaria para determinar la idoneidad de una heurística para toda funcionalidad, característica, faceta y componente. Ello facilita la obtención de las heurísticas en cada tarea de consulta del Repositorio. En la Figura 7 se puede ver esta

relación entre los datos. El resultado es la aparición de 3 interrelaciones entre las heurísticas y las funcionalidades, las características y los componentes, respectivamente. La información referente a la faceta a la que pertenece una heurística se almacena en la definición de la propia heurística (el campo *facet_id* de la Figura 6).



Figura 7. Esquema de relación de los datos.

3.3 Tareas del Gestor del Repositorio

El Repositorio Abierto presenta, a través de su Gestor, dos tareas principales: consultar información y actualizar información.

Por una parte, el Gestor del Repositorio permite consultar la información que tiene almacenada. Concretamente, se pueden realizar las siguientes tareas:

- Consultar las heurísticas por cada funcionalidad.
- Consultar las heurísticas por cada característica.
- Consultar las heurísticas por cada componente.
- Consultar las heurísticas por cada faceta de la UX.

Y por otra parte, el Gestor del Repositorio Abierto, como su nombre ya indica, permite modificar la información de la que dispone y/o introducir nueva información para poder ampliar el Repositorio y abarcar un amplio rango de heurísticas, funcionalidades, características, componentes y facetas de la UX. Por lo tanto, las tareas que se pueden realizar son las siguientes:

- Introducir o modificar heurísticas.
- Introducir o modificar funcionalidades.
- Introducir o modificar características.
- Introducir o modificar componentes.
- Introducir o modificar facetas de la UX.
- Relacionar heurísticas con las funcionalidades.
- Relacionar heurísticas con las características.
- Relacionar heurísticas con los componentes.
- Relacionar heurísticas con las facetas.

3.4 Uso y Ventajas

Como ya se ha apuntado, la función principal del Repositorio es almacenar toda la información necesaria de las funcionalidades, características, componentes y facetas de la UX que puede presentar un sistema interactivo. Así pues, el Repositorio Abierto de heurísticas podrá ser utilizado tanto por diseñadores de interfaces como por evaluadores de sistemas interactivos que deseen realizar un diseño que maximice una experiencia de usuario positiva a los usuarios finales.

Por una parte, un diseñador (de interfaces) podrá utilizar el Repositorio para disponer de unas guías de diseño útiles para funcionalidades, características, componentes o facetas concretas. Estas guías le serán de gran utilidad durante el proceso del diseño de la interacción de las interfaces de un determinado sistema, pues, al ser guías pensadas para maximizar la UX le orientaran a un diseño teniendo en cuenta estas características.

Por otra parte, los evaluadores podrán utilizar las heurísticas específicas de una funcionalidad, característica, componente y faceta para considerar si la interfaz que están evaluando cumple con ellas o no. Así mismo, el Repositorio, al igual que la metodología de la evaluación heurística, puede ser utilizado tanto en etapas tempranas de diseño como en etapas intermedias. Incluso se puede utilizar cuando el producto ya esté finalizado para realizar una evaluación de la UX final. Por lo tanto, es un buen recurso a considerar en cualquier etapa del ciclo de desarrollo de un sistema interactivo siguiendo los principios fundamentales del Diseño Centrado en el Usuario [21].

Otro aspecto a remarcar en el uso del Repositorio es el idioma con el que se ha implementado. Aunque no se desestima la traducción a otros idiomas, el Repositorio está creado íntegramente en inglés para fomentar la proyección internacional de la herramienta.

A modo resumen, con el Repositorio abierto se pueden consultar las heurísticas más adecuadas para unas funcionalidades concretas, para unas características específicas, para cada uno de los componentes que pueden conformar un sistema interactivo y/o se pueden conseguir heurísticas para las facetas de la UX. Y estas heurísticas pueden ser utilizadas en cualquier fase del proceso de desarrollo y evaluación de un sistema interactivo.

Teniendo en cuenta que una de las tareas más comprometedoras, cuando se quiere realizar una evaluación heurísticas, es escoger de donde se recogen las heurísticas y determinar el conjunto de heurísticas a considerar en la evaluación, la primera y principal ventaja del Repositorio (después de conseguir la más amplia “despensa” posible de heurísticas) es encontrar un conjunto amplio y variado de heurísticas (procedente de fuentes fiables y minuciosamente analizadas). Poder acceder a un repositorio donde se almacenan un conjunto significativo de heurísticas (actualmente 363 heurísticas), es una ventaja que facilita muchísimo el trabajo de los diseñadores y evaluadores y que permite de forma rápida y fácil acceder a la información para poder conseguir las mejores heurísticas.

La segunda ventaja, y no menos importante que la anterior, es la característica de que el Repositorio sea abierto. Por una parte, que sea abierto implica que constantemente estará en evolución ya que es posible añadir/ampliar/modificar la información de la que se dispone de forma fácil y rápida. Pero por otra parte, se debe también considerar que es de carácter abierto por estar implementado con software libre y publicado de forma también libre garantizando que la información esté disponible para cualquier usuario que quiera utilizarla para cualquier otra iniciativa.

La tercera ventaja es la propia información que se almacena. Hasta el momento las heurísticas (considerando que son la información más buscada y valiosa del Repositorio) son almacenadas sin ningún tipo de relación con cualquier otro tipo de información. Normalmente se clasifican las heurísticas siguiendo algún tipo de jerarquía pero en la mayoría de ocasiones no se relacionan con los posibles sistemas interactivos donde se pueden

utilizar estas heurísticas. En el Repositorio Abierto se relacionan las heurísticas con posibles funcionalidades del sistema interactivo, con las características del sistema, los componentes que conforman el sistema y las facetas de la UX. Por lo tanto, se garantiza que mediante la definición de un sistema interactivo a través de funcionalidades, características, componentes y facetas se consiguen las heurísticas más destacadas para el mismo. Además, el Repositorio Abierto de heurísticas está internamente ligado con el Asesor heurístico. Esta relación permite que la información de la que dispone el Repositorio sea enviada hacia el Asesor heurístico para que este Asesor sea capaz, previa definición de un sistema interactivo, de listar las mejores heurísticas para dicho sistema.

Por otra parte, el Gestor del Repositorio está disponible para ser usado independientemente del resto de componentes de Open-HEREDEUX mediante acceso por Internet. Por lo tanto, es accesible desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo que disponga de conexión a la red.

4. COMPARATIVA DE HERRAMIENTAS

Existen ya herramientas que son capaces de gestionar distintas clasificaciones de heurísticas para facilitar el trabajo con ellas. Su característica principal es la creación de una o varias clasificaciones de heurísticas para permitir trabajar con ellas de forma más cómoda, de acuerdo al perfil del usuario que las utilice. J. Vanderdonck creó en 1995 la herramienta SIERRA (System Interactive for ERgonomic Realization of Applications) [22] para representar el modelo de organización de directrices que había diseñado. El objetivo principal de esta herramienta consiste en representar el modelo de entidad-relación creado mediante una interfaz gráfica. Esta interfaz gráfica presenta las directrices de Smith y Mosier [23] desde dos perspectivas distintas: por una

parte muestra los criterios de diseño y por otra parte, los criterios de evaluación.

Sherlock es otra herramienta que trabaja con heurísticas. Fue diseñada por Grammenos et al. el año 2000 [24]. Tiene como finalidad principal dar recomendaciones en el diseño de un sistema interactivo, es decir, una herramienta útil tanto para diseñadores y/o analistas, así como también útil para expertos en usabilidad. Una vez realizada la validación de la interfaz, muestra en forma de gráficos los resultados de cada regla evaluada.

La herramienta GUIDE (Guidelines for Usability Through Interface Development Experiences) fue creada en el año 2000 por Henninger [25] con el propósito de crear y mantener directrices de usabilidad. La herramienta proporciona un conjunto de relaciones entre heurísticas que conforman una jerarquía de criterios heurísticos de acuerdo con los definidos por Smith y Mosier. La herramienta da la posibilidad de ampliar, modificar o eliminar las heurísticas que conforman la jerarquía, así como, ampliar, modificar y eliminar las relaciones entre heurísticas que se pueden establecer.

Durante los años 2000 y 2001 y como parte de un proyecto de investigación del postgrado “Human-Centred Computer Systems MSc” de la Universidad de Sussex, se desarrolló una herramienta [26] que tiene como objetivo principal ayudar a escoger las heurísticas necesarias para realizar la evaluación heurística de distintos recursos. La herramienta está pensada como un recurso de libre disposición para los profesionales de la usabilidad y como herramienta pedagógica para los estudiantes.

En la tabla 5 se puede observar una comparativa entre las herramientas que se han detallado en el estado del arte y nuestro Repositorio Abierto de heurísticas.

Tabla 5. Comparativa de las herramientas de gestión de heurísticas

Herramienta	Autoría de las heurísticas	Aplicación de las heurísticas	Presenta heurísticas por perfiles	Jerarquía de heurísticas	Relación con un sistema interactivo	Sistema de búsqueda	Información ampliable
SIERRA	Smith y Mosier	Interfaces software	Para diseñador y para evaluador	Según objetos de interacción, estilo de interacción, medios, referencias y criterios de diseño y evaluación	No	Sí	NS/NC
Sherlock	NS/NC		Para diseñador y para evaluador	Según el grado de automatización de la evaluación de las heurísticas	No	NS/NC	Sí
GUIDE	Smith y Mosier	Interfaces software	No	La que ya siguen las reglas de Smith y Mosier	No	No	Sí
Interactive heuristic evaluation toolkit	Nielsen	Interfaces Webs	Solo para evaluador	No	Sí	No	Sí
Repositorio Abierto	Revisión desde 1986	Aplicaciones Web y de escritorio	Para diseñador y para evaluador	Categoría/Heurística	Sí	No	Sí
	Martínez et al, Rodrigo et al, Sitepal Company, Lera y Garreta	Asistente virtual					
	Maguire, Nieto, Gutiérrez, Evolucy	Quiosco público					

En referencia a las heurísticas que se almacenan en cada una de las herramientas, en cualquier caso distinto a nuestro Repositorio, se escogen las heurísticas de solamente una única propuesta científica ya sean Smith y Mosier [23] o Nielsen [27]. Nuestro Repositorio presenta un conjunto de heurísticas que se basa, como ya se ha mencionado, en una revisión de todas las definiciones de heurísticas desde 1986, junto con el listado obtenido en dos experiencias previas.

Otra característica a considerar es el uso de las heurísticas. En la mayoría de las herramientas, las heurísticas están pensadas para que sean utilizadas tanto por diseñadores como por evaluadores.

Referente a la jerarquía de heurísticas que se presenta en cada herramienta, cada cual establece distintos criterios para almacenar la información de la forma más óptima para poder ser posteriormente utilizada. El Repositorio Abierto establece una jerarquía de heurísticas básica de acuerdo a un conjunto de categorías que incluyen un conjunto más o menos amplio de heurísticas. Esta jerarquía básica se une semánticamente con las funcionalidades, componentes, características y facetas de la UX que permiten relacionar las heurísticas con distintos tipos de sistemas interactivos. Las demás herramientas, aun y presentar jerarquías más complejas, no relacionan las heurísticas semánticamente con ningún sistema interactivo. De entre todas las herramientas, la herramienta denominada "*Interactive heuristic evaluation toolkit*" es la que permite conseguir las heurísticas para sistemas interactivos predefinidos, aunque no dispone de ningún tipo de recomendación sino una simple asociación entre una serie de heurísticas a un sistema interactivo concreto.

Solamente la herramienta SIERRA dispone de un sistema de búsqueda de heurísticas por palabra clave, búsqueda lógica o de texto completo. Hasta el momento el Repositorio Abierto no incluye esta funcionalidad pero no se descarta, si aparece la necesidad, que se implemente. Finalmente, excepto en la herramienta SIERRA que no se especifica, toda la información de las herramientas es fácilmente modificable y ampliable.

5. PROCESO DE DESARROLLO

Cómo no podía ser de otra forma, el Repositorio Abierto de heurísticas se ha diseñado siguiendo la metodología de Diseño Centrado en el Usuario [21]. Siguiendo esta metodología se incluye al usuario final de la aplicación desde el inicio del proceso de desarrollo y se consigue que el producto sea más gratificante para estos usuarios.

El análisis de requisitos fue el primer análisis realizado para diseñar el Repositorio. Éste se realizó con posibles usuarios finales de la aplicación, es decir, con un conjunto de personas que realizan frecuentemente evaluaciones de usabilidad utilizando la técnica de la evaluación heurística. De este análisis de requisitos surgieron las funcionalidades básicas del Repositorio y la información que este debía contemplar.

Seguidamente se diseñó un prototipo en papel para mostrar a los usuarios una primera idea de cómo evolucionaría la interfaz y como se mostraría la información en ella. Una vez los usuarios hubieron validado el prototipo, se diseñó la base de datos para almacenar toda la información. Se configuró una base de datos Mysql, utilizando un servidor Apache. De acuerdo con la ontología mostrada en la sección 3.2, se crearon las relaciones (tablas) y atributos (campos) necesarios para almacenar toda la información. A continuación, se empezó a programar el primer prototipo software del Repositorio. La implementación se realizó

con código php y con la ayuda de la librería Cakephp (<http://cakephp.org/>). Así pues, el Repositorio Abierto de heurísticas está desarrollado utilizando tecnología web. Por lo tanto, y como ya se ha mencionado con anterioridad, está disponible en Internet desde cualquier parte del planeta. Actualmente, la parte pública del Repositorio se puede encontrar en: http://griho2.udl.cat/openheredeux/cake_1_3/heuristics/index, dónde se pueden consultar las heurísticas que se consideran para cada funcionalidad, componente, característica y faceta.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El Repositorio Abierto pretende ser una amplia despensa donde poder obtener heurísticas para múltiples casos particulares. Su naturaleza abierta hace que tanto pueda ir evolucionando rápidamente como que quien lo desee pueda consultar las heurísticas desde cualquier parte del mundo mediante conexión a internet. Pero sin duda alguna, el beneficio más importante que se obtiene con el Repositorio, junto con el Asesor heurístico, es la semiautomatización de la elección de las heurísticas, el proceso más costoso y manual de la realización de una evaluación heurística. Esta semiautomatización implica simplemente una revisión rápida por parte del administrador de la evaluación de las heurísticas que el sistema presenta.

El Repositorio Abierto de heurísticas facilita el trabajo de todos aquellos profesionales que requieran de un listado de heurísticas durante el proceso de diseño de una interfaz de usuario determinada o, para aquellos que quieran evaluar, utilizando las heurísticas, una interfaz ya creada. Aun así, es preciso incorporar más información en el Repositorio. Como ya se ha comentado en el punto anterior, actualmente la parte pública del Repositorio solamente permite consultar las heurísticas de las que se dispone. Por lo tanto, no se suministra la funcionalidad de inserción de nueva información debido a la complejidad que supone el poder garantizar una introducción correcta y consistente de los datos. Por otro lado, cualquier aportación que quiera realizarse será bien recibida por cualquiera de los autores.

Como trabajo futuro se diferencian dos líneas. Por una parte, mejorar el estilo de la interfaz del Repositorio. Durante el desarrollo del mismo se han tenido en cuenta todos los requerimientos de los usuarios pero se ha descuidado la interfaz gráfica ya que la librería Cakephp presenta por defecto una hoja de estilos muy sencilla pero perfectamente utilizable y válida para conseguir un primer prototipo funcional.

Por otra parte, es preciso conectar el Repositorio con el segundo componente de Open-HEREDEUX: el Asesor heurístico. Con el Gestor del Repositorio Abierto se pueden obtener las heurísticas según las funcionalidades, características, componentes y facetas, pero en ningún caso todo esto va relacionado con ningún sistema interactivo. Con la unión del Repositorio con el Asesor heurístico se podrá configurar un sistema interactivo, para conseguir el listado de heurísticas para el sistema interactivo en cuestión.

Finalmente, animamos a la comunidad científica a compartir con nosotros las heurísticas que utilicen en sus trabajos para poder ampliar la información del Repositorio y convertirlo en una herramienta de referencia en cuanto a cantidad y calidad de las heurísticas que almacena.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universitat de Lleida con una beca predoctoral concedida a Lúcia Masip.

8. REFERENCIAS

- [1] Johnson, G.I., Clegg, C.W. and Ravden, S.J. 1989. *Towards a practical method for user interface evaluation*. Applied Ergonomics, 20(4), pp. 255-260.
- [2] Nielsen, J., Molich, R. 1990. Heuristic evaluation of user interfaces. In: *CHI '90: Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, NY, USA, pp. 249-256
- [3] Kemp E. and Setungamudalige D. T. 2006. A resource support toolkit (R-IDE): supporting the DECIDE framework. *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's international Conference on Computer-Human interaction: Design Centered HCI* ACM. - New York. - Vol. 158. - pp. 61-66.
- [4] González, M.P., Lorés, J., Pascual, A. and Granollers, A.. 2006. Evaluación heurística de sitios web académicos Latinoamericanos dentro de la iniciativa UsabAIPO. *Interacción*. pp. 143-153.
- [5] Squac Grupo Accusa. Herramienta de soporte para las evaluaciones heurísticas. Marzo 2012. <http://squac.iti.upv.es/blog/category/AccUsa>.
- [6] Mur, C. 2007. *Diseño e implementación de un gestor para realizar evaluaciones heurísticas*. TFC / Departamento de Informática e Ingeniería Industrial ; Universitat de Lleida.
- [7] Masip, L., Oliva, M. and Granollers, T. 2011. OPEN-HEREDEUX: open heuristic resource for designing and evaluating user experience. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part IV* (INTERACT'11), P. Campos, N. Nunes, N. Graham, J. Jorge and P. Palanque (Eds.), Vol. Part IV. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 418-421.
- [8] Masip, L., Oliva, M., and Granollers, T. 2011. User experience specification through quality attributes. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part IV* (INTERACT'11), P. Campos, N. Nunes, N. Graham, J. Jorge, P. Palanque (Eds.), Vol. Part IV. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 656-660.
- [9] ISO, International Software Quality Standard, ISO/IEC 25010: 2011. *Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) System and software quality models*.
- [10] Masip, L., Oliva, M. and Granollers, T.; 2010. Hacia la semiautomatización de la evaluación heurística: Primer paso, categorización de heurísticas, *Interacción 2010*, Grupo Editorial Garceta, Valencia, 7-10 of September, pp. 359-368.
- [11] Masip, L.; Granollers, T.; Oliva, M.; A Heuristic Evaluation Experiment To Validate The New Set Of Usability Heuristics. *Proceedings of 8th International Conference on Information Technology : New Generations*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 429-434.
- [12] Masip, L., Oliva, M. and Granollers, T. 2011. Classification of Interactive System Components Enables Planning Heuristic Evaluation Easier. *Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice*. Lecture Notes in Computer Science. Marcus, A. (Ed.). Springer Berlin / Heidelberg. Vol. 6770 pp 478-486. ISBN: 978-3-642-21707-4
- [13] Martínez, P., Vicedo, J. L., Saquete, E. and Tomás, D. 2007. *Sistemas de pregunta-respuesta Universidad de Alicante*. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. () <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2525>
- [14] Rodrigo, L., García, A., Martínez, P. 2002. Planeamiento semántico y pragmático para gestión de diálogos en asistentes virtuales. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, Revista, num.28.
- [15] Sitepal. Speaking avatar best practices guide. (2003) http://www.sitepal.com/pdf/bestpractice_2008.pdf
- [16] Lera, E.; Garreta, M. 2008. Diez heurísticos emocionales. *Revista Faz*. num 2, pp. 68-71 Revista de Diseño de Interacción. Barcelona, España.
- [17] Maguire, M.C. 1997 A Review of User-Interface Design Guidelines for Public Information Kiosk Systems. *Electronic Proceedings of the 3rd ERCIM Workshop on "User Interfaces for All"*. Stephanidis, C; Carbonell, N. (editors). <http://ui4all.ics.forth.gr/UI4ALL-97/maguire.pdf> (15/09/2008)
- [18] Nieto, M. 2002: *La usabilidad de los terminales táctiles*. Evolucy. http://www.evolucy.com/esp/columns/20020515_usabilidad_tactil.html (15-7-2009)
- [19] Gutiérrez, M. 2007. ¡Larga vida de los cajeros! *Revista Faz*. November 2007 número 1.
- [20] Evolucy. 2004. *Evaluación heurística de un quiosco de autoservicio de fotografía digital: caso práctico*. http://www.evolucy.com/esp/projects/evaluacion_heuristica_kiosk.html (8-7-2009)
- [21] Abras, C., Maloney-Krichmar, D., and J. Preece. , 2004 *User-Centered Design*. In Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction.
- [22] Vanderdonckt, J. 1995. Accessing guidelines information with Sierra. *Proceedings of IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction*. INTERACT 1995, In: Nordby, K., Helmersen, P.H., Gilmore, D.J., Arnesen, S.A. (eds.) pp. 311-316.
- [23] Smith, S. and Mosier, J. *Guidelines for designing user interface software*. 1986. Bedford: Mitre corp, Report ESD-TR- 86-278.
- [24] Grammenos, D., Akoumianakis, D. and Stephanidis, C. 2000. Integrated support for working with guidelines: the Sherlock guideline management system. *Interacting with Computers*, Volume 12, Issue 3, January, Pp 281-311.
- [25] Henninger, S. 2000. A methodology and tools for applying context-specific usability guidelines to interface design. *Interacting with Computers*. Elsevier. Vol. 12. - pp. 225-243.
- [26] Interactive heuristic evaluation toolkit. 2001. Sussex University school of cognitive and computing science. *Human Centred Computer Systems Masters*.
- [27] Molich R. y Nielsen J. 1990. *Improving a human-computer dialogue*. Commun. ACM. - Marzo de 1990. - 3: Vol. 33. - págs. pp. 338-348.

BALORES: principios y métricas para la evaluación cuantitativa de interfaces gráficas de usuario

Salvador González

Grupo LoUISE

U. de Castilla-La Mancha

Avda. de España s/n

02071. Albacete (España)

Salvador.Gonzalez2@alu.uclm.es

Francisco Montero

Grupo LoUISE

U. de Castilla-La Mancha

Avda. de España s/n

02071. Albacete (España)

fmontero@dsi.uclm.es

Pascual González

Grupo LoUISE

U. de Castilla-La Mancha

Avda. de España s/n

02071. Albacete (España)

pgonzalez@dsi.uclm.es

RESUMEN

La interfaz de usuario debe ser algo más que el escaparate de la aplicación, de hecho estaremos abocados al fracaso si la “trastienda” no cumple las expectativas que la interfaz crea. La orientación de un producto software hacia la calidad mejora la atención al usuario y causa un impacto positivo en él. Sin embargo esta calidad no es algo trivial, y sólo la consideración de estándares, guías de estilo y métodos de evaluación puede aproximarnos a un producto final de calidad.

En aras de mejorar el diseño de la interfaz, en este artículo se presenta el trabajo realizado para dar con un conjunto de principios estéticos minimales capaces de asesorar a nivel estructural sobre la bondad compositiva de nuestros diseños. El resultado final, validado solo heurísticamente, es la suite BALORES, que presenta cinco principios estéticos acompañados de sus respectivas métricas, y que es capaz de componer los valores obtenidos parcialmente en un solo valor global para toda la interfaz. Complementa la propuesta BGLayout, una herramienta de prototipado que automatiza el cálculo de las métricas propuestas con BALORES.

Categorías y descriptores

H.5.2 [User Interfaces]: Graphical user interfaces (GUI), Screen design, Prototyping, Evaluation / methodology.

Conceptos generales

Measurement, Design, Human Factors.

Palabras clave

Interfaz de usuario, diseño estético, métrica, principio de diseño.

1. INTRODUCCIÓN

La interfaz de usuario es la parte de un producto software que acompaña, posibilita o entorpece y, en definitiva, determina muchas de las facilidades y obstáculos que un usuario encuentra a la hora de hacer uso de cualquier artefacto. Las interfaces tienen la capacidad, y a su vez la responsabilidad, de transmitir las bondades del producto a los usuarios mediante una interacción satisfactoria que responda a sus necesidades.

La disciplina que estudia el uso del software es la Interacción

Persona Ordenador (IPO), la cual, a través del análisis de la interacción en toda su extensión, propone una serie de normas, aplicables durante el diseño del software, enfocadas a mejorar la experiencia del usuario. Fruto de esta disciplina y del análisis pragmático que en ella se lleva a cabo, surge la filosofía de diseño y desarrollo centrada en el usuario [4], que promueve involucrar al usuario durante el desarrollo del software, en aras de mejorar la calidad y satisfacción del mismo.

Desde la década de los noventa, las grandes facilidades ofrecidas por los diferentes toolkits para el desarrollo rápido de interfaces han permitido que su elaboración carezca, en muchas ocasiones, de un proceso metodológico definido con soporte a la calidad.

En este sentido, desde las normas y estándares internacionales se han documentado una serie de modelos de calidad a distintos niveles: proceso (ISO/IEC 12207:2008), evaluación (ISO 15504:2008), y producto (ISO 9241-11:1998; ISO/IEC 9126-1:2001; ISO/IEC 9126-3:2003), que indudablemente son de utilidad para lograr productos software de calidad. Una calidad que, desde el punto de vista de la interacción, se ha calificado utilizando distintas denominaciones, por ejemplo: interfaz amigable, interfaz con alto grado de usabilidad e interfaz con alto grado de calidad en uso.

En cualquier caso, aunque en las normas referidas se identifican gran cantidad de criterios de calidad y usabilidad, las métricas propuestas se centran, generalmente, en criterios semánticos de la interfaz de usuario. En este artículo identificamos una necesidad de principios y métricas, que guíen la construcción de los primeros mockups de la interfaz en lo que al ámbito estético y estructural de la interfaz se refiere. Por ello, proponemos una suite de principios, denominada BALORES, junto a sus respectivas métricas y complementamos estos elementos con una herramienta software de prototipado de baja fidelidad (BGLayout) que da soporte al diseño y facilita el cálculo de las métricas propuestas.

Este trabajo se organiza de la siguiente forma. En el próximo apartado se presentan una serie de trabajos relacionados con la identificación y propuesta de principios y métricas de carácter estético. A continuación se expone la reflexión teórica que da forma a nuestro estudio para, ya en el cuarto apartado, exponer la suite de principios de diseño. Una vez definidos dichos principios se presentan las métricas estructurales propuestas acompañadas de casos de estudio. Finalmente, se enuncian las conclusiones alcanzadas hasta el momento y se proponen una serie de líneas de futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Conforme se ha ido valorando y teniendo en cuenta la importancia de la usabilidad de la interfaz como parte de la calidad general de

cualquier producto software, numerosos investigadores han resaltado la importancia de incorporar métricas predictivas sobre esta característica [2], [3], [7], [8].

Así, en 1994 se crea el proyecto *Interface Metric Project*, una iniciativa para desarrollar una suite de métricas predictivas válidas para guiar a los desarrolladores en la fase de diseño. El proyecto tuvo como objetivo proponer métricas de aplicación temprana fáciles de calcular, conceptualmente sólidas y relacionadas con principios ampliamente aceptados sobre el buen diseño [2]. Como fruto de estos trabajos se propuso la reconocida suite de métricas *Essential Usability Metric Suite*, compuesta de cinco métricas que ofrecen a desarrolladores una medición significativa sobre la usabilidad de su software. La suite está constituida por las siguientes métricas:

- *Essential Efficiency* (Eficiencia esencial)
- *Task Concordance* (Concordancia de las tareas)
- *Task Visibility* (Visibilidad de las tareas)
- *Layout Uniformity* (Uniformidad de diseño)
- *Visual Coherence* (Coherencia visual)

Las tres primeras métricas son procedimentales, están relacionadas con las tareas y se basan en los casos de uso esenciales. Estas métricas son útiles para estimar la usabilidad tanto de partes aisladas como de la completitud de una interfaz de usuario. La cuarta métrica propuesta, *Layout Uniformity (LU)*, es una métrica estructural, que sirve para evaluar la composición de la interfaz, y su cálculo puede ser aplicado a áreas, cajas o a pantallas completas. Esta métrica, como veremos más adelante, presenta ciertas carencias cuya subsanación serán parte del germen de nuestra propuesta.

La última métrica propuesta, *Visual Coherence*, es una métrica de tipo semántico, que tiene en cuenta aspectos más complejos sobre el significado y relación entre widgets. Salvo una excepción, estas métricas se encuentran normalizadas entre 0 y 100 y, por ello, se interpretan como porcentajes, representando el 100 el cumplimiento del factor de medición y el 0 la ausencia del mismo. Una descripción más detallada de estas métricas puede consultarse en [2].

Si bien existen diversas propuestas para medir la usabilidad de los prototipos de la interfaz, la labor de prototipado también necesita del conocimiento de cánones de buen diseño, en aras de lograr una interfaz más fácil de entender, de usar y de aprender. Algunos de los errores más habituales de la elaboración de prototipos y del diseño de interfaces tienen que ver con:

- El énfasis impropio
- La alta densidad de información
- La falta de legibilidad en el diseño
- El agrupamiento incoherente de widgets
- La desorientación en la navegación

Estos desaciertos chocan con la máxima de la IPO que nos dice que “*el software debe satisfacer las necesidades del usuario requiriéndole un esfuerzo mínimo*”, ya sea este de tipo visual, intelectual o motor. El diseñador de la interfaz debe ser plenamente consciente de que mejorar la usabilidad del software disminuye este esfuerzo [3].

Centrados en la mejora de la usabilidad, y por ende de la interacción, la composición estética de la interfaz es determinante por su influencia en el entendimiento y uso del software. En términos de su composición, la interfaz puede abstraerse a una serie de grafismos discretos que, al cumplir ciertas propiedades estéticas, atraen y motivan el uso del software. De igual forma una composición desacertada puede lograr el efecto contrario.

A pesar de lo subjetivo de los aspectos compositivos, diferentes autores han caracterizado las interfaces de usuario en base a ciertos principios estéticos [3][9]. De hecho de forma aislada y en relación con otras disciplinas, se han propuesto métricas y heurísticas para la evaluación de estos principios. En este trabajo hemos considerado como punto de partida los criterios estéticos recogidos en [3], mostrados en la Tabla 1, los cuales consideramos condicionan aceptablemente el diseño visualmente agradable de una interfaz.

Tabla 1. Principios estéticos de una composición visualmente atractiva de Galitz

• Balance	• Secuencialidad
• Simetría	• Unidad
• Regularidad	• Proporción
• Economía	• Simplicidad
• Predictibilidad	• Agrupamiento

El análisis pormenorizado de estos principios, si bien excede el objetivo de este trabajo, determina que una composición visualmente atractiva va más allá de parámetros puramente compositivos y de ahí que la evaluación de algunos de estos principios esté lejos de ser trivial.

En el siguiente apartado realizaremos una reflexión sobre estos criterios así como una selección de los más significativos para conformar, más adelante, una suite minimal de principios estéticos funcionales cuya cuantificación no resulte compleja.

3. REFLEXIONES PREVIAS

En aras de proponer una forma de medición de los principios citados anteriormente que sea realmente manejable, se hace necesaria una selección y una priorización de los mismos.

Si atendemos a su naturaleza, estructural o semántica es posible realizar una primera clasificación, de forma que si el principio se apoya en aspectos estéticos (como la alineación de widgets, la variedad de dimensiones, o el número de formatos distintos), éste sea clasificado como estructural; y si el principio se basa en aspectos semánticos (como la consistencia entre widgets, la probabilidad de uso, o la visibilidad) éste sea clasificado como semántico. Dicha clasificación, se recoge en la Tabla 2.

Tabla 2. Naturaleza de los principios estéticos

	Semántico	Estructural
Balance		√
Simetría		√
Regularidad		√
Economía	√	√
Predictibilidad	√	√
Secuencialidad		√
Unidad	√	√
Proporción		√
Simplicidad	√	√
Agrupamiento	√	√

Dado que nuestro estudio se centra en los aspectos estéticos como parte clave de la usabilidad, se ha optado en un principio, por considerar únicamente los principios puramente estructurales. Atendido a esta consideración los principios con connotaciones estructurales quedan reducidos a cinco (véase Tabla 2): balance, simetría, regularidad, secuencialidad y proporción.

Los criterios estructurales son usualmente más fáciles de medir en comparación con aquellos que tienen rasgos semánticos, y además permiten aplicar la evaluación desde estadios más tempranos en el proceso de desarrollo, punto este último que nos pareció de especial interés.

El primer paso de nuestro trabajo fue reflexionar sobre estos cinco criterios estructurales, por lo que nos preguntamos: *¿es posible caracterizar positivamente cualquier interfaz de usuario con estos principios? ¿Son todos realmente significativos?*

Nuestra respuesta deriva de la observación práctica y considera el coste/beneficio de tener en cuenta cada principio. Un resumen de estas impresiones puede verse en la Tabla 3.

Tabla 4. Aplicación, uso y beneficios de los principios estéticos

	Ejemplos de aplicación	Uso real	Beneficio
Balance	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de paneles Formularios Menús Maquetación 	<i>alto</i>	<i>alto</i>
Simetría	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de paneles Maquetación 	<i>bajo</i>	<i>bajo</i>
Regularidad	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de paneles Menús uniformes 	<i>alto</i>	<i>alto</i>
Secuencialidad	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de paneles Menús de navegación Menús contextuales Listados 	<i>alto</i>	<i>alto</i>
Proporción	<ul style="list-style-type: none"> Paneles Elementos gráficos 	<i>bajo</i>	<i>medio</i>

Atendiendo a la información recopilada sólo tres de los cinco principios que se estudiaron resultaron de especial interés en lo que a su aplicabilidad y potencial se refiere. Estos principios, el *balance*, la *regularidad* y la *secuencialidad*, fueron el germen de nuestra suite. La razón por la que se decidió prescindir del principio de simetría, si bien es de utilidad en el diseño ligado a otras disciplinas, fue su baja aplicación práctica en interfaces de usuario. De hecho, el principio de balance e incluso el de regularidad, ya cubren muchos de los casos de simetría útiles en interfaces, por lo que se consideró desechar ese principio. Por otro lado declinamos la idea de incluir el principio de proporción en base a la no existencia de cánones que aconsejen unas u otras dimensiones para según qué componentes del diseño.

Con todo y con ello, observamos que los tres principios seleccionados no eran capaces por sí solos de caracterizar la generalidad de las interfaces. Es por ello que se trabajó por completar la cobertura de la suite incluyendo dos más, análogos a los anteriores y que se justifican a continuación.

Al considerar el principio de secuencialidad, que se entiende como una disposición verticalmente alineada de widgets, se echó en falta un principio horizontalmente homólogo. De hecho, revisando cualquier interfaz pronto encontraremos ese tipo de disposiciones horizontales en menús y barras de herramientas. Por ello se añadió al conjunto de principios estéticos la *linealidad*, entendida como la disposición horizontal y alineada de widgets.

Igualmente desde un análisis empírico, se observó la necesidad de añadir un principio que denotase la alineación horizontal y vertical de widgets. A este principio lo denominamos

ortogonalidad, y viene a ser un relajamiento o generalización del conocido principio de regularidad.

Como se observa finalmente, del análisis y la selección de criterios se obtiene un marco teórico que, a partir de distintas pruebas, entendimos cubría la gran mayoría de diseños de interfaz. Este marco de principios estéticos conforma una suite de cinco principios: Balance, Linealidad, Ortogonalidad, Regularidad y Secuencialidad. Las iniciales de estos principios forman el acrónimo BALORES. La iconografía elegida para representar cada uno de los principios se muestra en la Figura 1.



Figura 1. BALORES: Suite de métricas estéticas

En el siguiente apartado, pasaremos a comprender en profundidad el significado práctico de cada principio, y veremos algún ejemplo donde se pone en práctica.

4. BALORES: UNA SUITE DE PRINCIPIOS ESTÉTICOS DE GUI

La suite BALORES pretende ser una herramienta predictiva en términos de usabilidad, funcional y aplicable durante la fase de diseño y prototipado de la interfaz. En este apartado se realiza la presentación y análisis de cada principio de la suite, y se deja para la próxima sección el estudio de las métricas asociadas.

4.1 Balance

El principio de balance confiere a la suite una de las cualidades más interesantes en GUIs al aportar a la interfaz la noción de equilibrio, entendido entre dos áreas de la interfaz separadas por un eje. Este equilibrio debe transmitir equidad en el peso de la interfaz a uno y otro lado del eje, y asociar a su vez horizontalmente la información para indicar que ambas partes forma un todo. La legibilidad horizontal de las interfaces con balance debe ser mantenida dentro de unos límites moderados para que se conserve una mínima asociación bilateral.

Aunque pueda darse en algunos diseños, el principio de balance no exige una simetría total ni tampoco implica la equidad en el tamaño ni en la forma de las dos regiones, sino que pretende un equilibrio más impresionista que realista.

El balance es de interés a la hora de distribuir los paneles que componen una interfaz, en la creación de formularios, en ciertos menús de navegación con iconos o en maquetación de áreas de texto e imagen. Un ejemplo de interfaz con balance se muestra en Figura 2.



Figura 2. Ejemplo de interfaz balanceada (facebook.com)

El icono que se ha utilizado para denotar el balance aparece en la Figura 1, y se ha pretendido que transmita ese ajuste del equilibrio que se realiza al balancear el diseño de una interfaz. El cálculo de las métricas, en los ejemplos mostrados, se puede realizar utilizando la herramienta BGLayout, que será presentada con posterioridad. Dicha herramienta permite establecer gráficamente las distintas áreas utilizadas por los widgets distribuidos en un área, diálogo, ventana o página web y, en función de ello, proporcionar el valor de cada métrica atendiendo a las fórmulas que se presentarán en la sección 5.

4.2 Linealidad

Por el hábito de lectoescritura, el ser humano prioriza las disposiciones horizontales (izquierda-derecha) respecto de las verticales (arriba-abajo). Es por ello habitual en el diseño de interfaces disponer horizontalmente componentes fuertemente relacionados cuando queremos que sean recorridos visualmente como un renglón.

El principio que le da nombre a esta característica es la linealidad, y la encontramos en barras de menús o de herramientas, en la distribución de paneles, así como en cabeceras y pies de página.



Figura 3. Ejemplo de alta linealidad (barra de herramientas de Google Picasa 3.8.0)

Tal y como hemos querido plasmar al diseñar el icono de este criterio (véase Figura 1), la linealidad no implica la homogeneidad de sus componentes, de hecho puede ser lograda con elementos de tamaños y proporciones muy dispares, caso de la Figura 3, así como tampoco fuerza una alineación de los widgets siempre por su parte inferior. La clave es que siempre exista una línea horizontal que alinee los componentes abajo, arriba o al centro para mantener la legibilidad del conjunto.

4.3 Secuencialidad

El término análogo vertical a la linealidad es la secuencialidad y se emplea para distribuir información relacionada ordenada descendentemente de arriba abajo. Visualmente la secuencialidad transmite una relación de conjunto más débil que la linealidad debido a que cada elemento, al encontrarse en un renglón distinto, es entendido con una mayor independencia y entidad.

Se consigue la secuencialidad al disponer los componentes en sentido vertical alineándolos a izquierda, derecha o al centro. Al igual que en la linealidad el tamaño no es un factor condicionante, tal y como se ve en la Figura 4, e igualmente se ha querido plasmar esa diferenciación a la hora de crear la iconografía asociada a este principio (véase Figura 1).

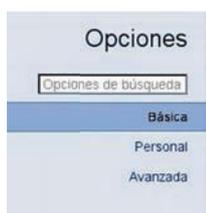


Figura 4. Ejemplo de secuencialidad (menú Opciones de Google Chrome)

La secuencialidad es muy habitual en las interfaces gráficas de usuario, se da en la distribución de paneles, en formularios, menús laterales de navegación, y en listados extensos de información.

4.4 Ortogonalidad

Consideramos la ortogonalidad como el principio menos ortodoxo de la suite BALOREs y por ello tal vez el de mayor aplicación. Refleja en síntesis el grado de alineamiento vertical y horizontal de los widgets, siendo de especial interés en diseños bidimensionales mixtos con alta perpendicularidad.

El concepto de ortogonalidad difiere del de regularidad, puesto que permite diseños con widgets de distintos tamaños, alineaciones en filas o columnas irregulares e incompletas. En esta línea se ha creado el icono asociado, véase Figura 1.

A pesar de la estética heterogénea asociada a una interfaz ortogonal, ésta posee dos interesantes propiedades:

- Aporta legibilidad, gracias a que se mantiene un diseño con filas o renglones.
- Contribuye a presentar la información ordenadamente a través de alineamientos verticales que forman sangrías.

Tal y como se ha definido, el principio de ortogonalidad puede verse como la combinación de los principios de linealidad y secuencialidad, por lo que posee las bondades de ambos principios. En la práctica es común encontrar ortogonalidad en la división en paneles de la interfaz o en formularios, sobre todo en aquellos que al poseer gran cantidad de componentes necesitan mantener un orden funcional relacionado (véase Figura 5).



Figura 5. Ejemplo de Ortogonalidad en facebook.com

Es importante denotar que las interfaces con balance presentan también cierto grado de ortogonalidad. Esto es lógico si atendemos a la definición de cada criterio. Más adelante veremos cómo es posible evaluar diseños que presenten más de un criterio.

4.5 Regularidad

El principio de regularidad concreta al de ortogonalidad disponiendo los widgets en una matriz de componentes idénticos en tamaño y separación. Se incluye la regularidad en la suite por su amplia utilización y bondades, pues es el único principio capaz de aportar equidad en el peso visual de los elementos. La regularidad se consigue igualando las dimensiones de los elementos y disponiéndolos en filas y columnas regularmente espaciadas a modo de matriz.

Tal y como se significa con el icono de la regularidad (véase Figura 1), debe existir una semejanza total de los elementos así como un óptimo aprovechamiento del espacio a través de la correcta alineación de los mismos. Si por el contrario existen desajustes y diferencias de tamaños la sensación transmitida sería de significación de unos elementos sobre otros. Un ejemplo del principio de regularidad se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Regularidad en un panel de productos de Amazon

Identificados textual y gráficamente los cinco principios estructurales, en el siguiente apartado se propone una métrica para evaluar cada uno de ellos.

5. BALORES: UNA SUITE DE MÉTRICAS ESTÉTICAS DE GUI

Dado que la decisión de componer una nueva suite de métricas predictivas de carácter puramente estético nace como crítica a suites ya existentes, comencemos por comprender las deficiencias encontradas en distintas suites de métricas [1], [2], [5] y [7].

En las normas internacionales disponibles y más específicamente en aquellas relacionadas con la calidad de un producto software, ISO/IEC 9126-3:2003, la usabilidad es evaluada a partir de métricas de rendimiento basadas en las prestaciones del producto, lo cual suele necesitar de prototipos maduros para poder aplicarlas. De hecho la evaluación de la usabilidad a través de métricas de rendimiento también es propuesta en otras muchas suites, como por ejemplo las conocidas MUSiC y DRUM [6].

Este estudio vio la necesidad de contar con una asistencia más temprana para la estimación de factores de usabilidad, en nuestro caso factores estéticos, a través de métricas predictivas que fuesen aplicables en estadios iniciales del desarrollo de la interfaz.

Uno de los marcos predictivos de usabilidad de referencia, el ya nombrado *Essential Usability Metric Suite* [2], si bien mejora la usabilidad en tiempo de diseño, la consideración de la estética de la interfaz se reduce al uso de una única y conocida métrica, *Layout Uniformity* (LU).



Figura 7. Interfaz con LU = 25% (www.energias-renovables.com)

El hecho de que cualquier diseño se evalúe siempre con un mismo patrón choca con la intuición de que el diseño de interfaces es ante todo heterogéneo y creativo. Por ello se han buscado criterios diferenciados para aproximarnos más acertadamente a la naturaleza de cada interfaz. De hecho, no es difícil encontrar casos de diseños visualmente armónicos y bien distribuidos con valores de LU negativos en términos de aceptabilidad (véase la Figura 7).

Por otro lado, a pesar de estar normalizada entre 0% y 100%, diseños aceptables deben obtener un LU entre el 50% y el 85% [2]. Esto se justifica en base a que diseños con LU=100% poseerían distribuciones en forma de matriz, las cuales no suelen

ser deseadas. Ello conlleva a situaciones de incertidumbre para el diseñador, *¿cómo escoger entre alternativas de diseño cuyos valores de LU estén entre el 50% y el 85%?* (véase la Figura 8).



Figura 8. Diseños con LU = 63% y LU = 55% respectivamente

La única solución que cabe en estos casos será decidirnos por alguno de los diseños atendiendo a otros criterios o mediciones, por lo que en estos casos LU no habrá sido de gran ayuda.

Dejando aparte métricas propuestas con anterioridad, a la hora de conformar una suite de métricas se vio la necesidad de que ésta fuese ante todo dinámica y escalable. Dinámica porque no todas las interfaces se diseñan acorde a un mismo principio; y escalable porque un panel de la interfaz organizado siguiendo un cierto criterio, puede formar parte de una región mayor que se distribuye acorde a otro criterio distinto.

BALORES consta de cinco métricas específicas centradas en cada uno de los cinco principios de diseño estructurales de balance, linealidad, secuencialidad, ortogonalidad y regularidad. La intención es que cada métrica sea aplicada a cada panel de la interfaz en función de la intención del diseñador.

La suite no exige la utilización estricta de una métrica para todos los paneles de la interfaz, pudiendo quedar áreas sin evaluar a voluntad del diseñador. Este hecho no impide el cálculo del valor global de la composición de toda la interfaz, pues en este cómputo sólo se tendrán en cuenta los paneles sí evaluados. Este valor global es una de las principales bondades de la suite BALORES.

Matemáticamente todas las métricas definidas en BALORES cumplen tres propiedades fundamentales:

- Se encuentran siempre normalizadas a uno, por lo que retornan valores entre 0 y 1.
- El valor 0 significa la ausencia de la característica a medir, significando el 1 el cumplimiento total.
- Las métricas ofrecen, aproximadamente, un nivel de aceptabilidad en valores superiores al 0,5.

Conozcamos ya cada una de las métricas propuestas por separado.

5.1 Balance

La definición de la métrica de balance (Ba) se asienta en el concepto de equilibrio existente entre dos áreas separadas por un eje imaginario vertical. La consecución de ese equilibrio se consigue al tener un peso visual similar a uno y otro lado.

Debido a que la cuantificación de ese “peso” suele ser ciertamente subjetiva, se decidió plasmarlo heurísticamente a través de la altura acumulada de los componentes de cada lado, lo cual se vio experimentalmente que obtenía buenos resultados.



$$Ba = \frac{n_{cah}}{n_c} \left(1 - \frac{|h_i - h_d|}{h_i + h_d} \right)$$

donde:

- n_{cah} = número de componentes alineados horizontalmente con otros componentes
- n_c = número de componentes de la interfaz
- h_i = altura acumulada de los componentes de la izquierda
- h_d = altura acumulada de los componentes de la derecha

Otro aspecto que también considera la expresión de la métrica, es el nivel de asociación izquierda-derecha de los widgets a través de una alineación horizontal moderada. Esto es así para mantener la asociatividad izquierda-derecha entre las regiones.

A continuación, en la Figura 9, vemos un ejemplo de uso de esta métrica extraído del panel “Más vistos” del portal YouTube.



Figura 9. Ejemplo donde $Ba = 0,75$, en www.youtube.com

En este ejemplo se aprecia fácilmente el eje de equilibrio, y además se transmite una buena legibilidad entre la imagen y los textos asociados. El resultado que arroja la métrica es de 0,75, lo cual nos indica que estamos ante un diseño correctamente balanceado, ya que la aceptabilidad recordamos se presentaba por encima del 0,5.



Figura 10. Ventana principal de la herramienta BGLayout

Para el cálculo de esta, y del resto de métricas comentadas en este artículo, se ha desarrollado una herramienta gráfica que permite cargar capturas de pantalla, o realizar prototipos de interfaz desde cero sobre los que realizar la evaluación de su composición. Dicha herramienta, extensión de otro desarrollo anterior [10], se llama BGLayout y se encuentra disponible en la web: <http://bglayout.tk>. Deseamos resaltar que no se ha encontrado un soporte de herramientas gratuitas en la línea de la desarrollada, si bien una aplicación similar, pero de posibilidades más restringidas, es [8].

5.2 Linealidad

Tal y como se explicó en su momento, la linealidad debe medir la disposición horizontal y alineada de los componentes en la interfaz. La expresión de la métrica de linealidad (Li) que se propone es la siguiente:



$$Li = \frac{n_{cah} * n_{av}}{n_c^2}$$

donde:

- n_{cah} = número de componentes alineados horizontalmente con otros componentes
- n_{av} = número de alineaciones verticales distintas
- n_c = número de componentes de la interfaz



Figura 11. Ejemplo de $Li = 0,83$, en www.linux.com

Si atendemos a la Figura 11, es posible observar que a pesar de encontrarnos ante un diseño en línea, las alineaciones verticales, impropias de la linealidad, pueden penalizar nuestra métrica. Debemos recordar que los diseños unidimensionales horizontales son los que maximizan la medición. En este caso se obtiene un valor razonablemente alto de 0,83.

5.3 Secuencialidad

La métrica de secuencialidad (Se) se define de forma homóloga a la de linealidad tal y como se puede apreciar en la expresión.



$$Se = \frac{n_{cav} * n_{ah}}{n_c^2}$$

donde:

- n_{cav} = número de componentes alineados verticalmente con otros componentes
- n_{ah} = número de alineaciones horizontales distintas
- n_c = número de componentes de la interfaz

El principio de secuencialidad pretende la disposición vertical de todos los componentes del diseño, por lo que los casos en los que existan desalineaciones o disposiciones horizontales penalizarían la medición. Sirva como ejemplo la Figura 12 con una secuencialidad (Se) de 0,66.



Figura 12. Ejemplo donde $Se = 0,66$, en www.coches.net

5.4 Ortogonalidad

Como ya se ha comentado, la ortogonalidad no pretende tanto una distribución acorde a un módulo, como la alineación horizontal y vertical de todos los componentes de una forma libre y flexible.

Una métrica tan dinámica ofrece grandes beneficios a la suite:

- No especifica un diseño tipo a conseguir.
- Permite diseños complejos formados por un gran número de componentes.
- Es independiente de la forma de los widgets.
- Cubre diseños que otras métricas no son capaces de cubrir.

La métrica de ortogonalidad, también denotada con O_r , presenta la siguiente expresión matemática.



$$O_r = \frac{n_{cav} * n_{cah}}{n_c^2}$$

donde:

- n_{cav} = número de componentes alineados verticalmente con otros componentes
- n_{cah} = número de componentes alineados horizontalmente con otros componentes
- n_c = número de componentes de la interfaz

Si consideramos el diseño mostrado en la Figura 13, la métrica, a pesar de la disparidad de formas de sus elementos, alcanza un valor correcto de 0,75, lo que nos indica que estamos ante un diseño moderadamente ortogonal.



Figura 13. Ejemplo donde $O_r = 0,75$, en Adobe Illustrator

La ortogonalidad de este ejemplo nos permite extraer visualmente cierta información semántica extra al intuir agrupamientos o al apreciar consistencia en elementos del mismo tipo.

5.5 Regularidad

La métrica de regularidad (R_e), en nuestra suite BALORES posee la siguiente expresión matemática.



$$R_e = \frac{n_{cav} * n_{cah} * (n_c - n_f + 1)}{n_c^3}$$

donde:

- n_{cav} = número de componentes alineados verticalmente con otros componentes
- n_{cah} = número de componentes alineados horizontalmente con otros componentes
- n_c = número de componentes de la interfaz
- n_f = número de formas distintas de componente

Si comparamos la expresión de esta métrica con las expresiones del resto de métricas nos damos cuenta de que la métrica de regularidad es una especialización de la métrica de ortogonalidad. Se ha querido incluir una métrica particular para la regularidad debido a lo habitual de este tipo de diseños y a sus bondades en lo que a interacción se refiere.



Figura 14. Ejemplo donde $R_e = 1$, en iPhone

La Figura 14 muestra un ejemplo de diseño homogéneo y modulado. Este aspecto nos hace intuir un buen resultado de la regularidad en este caso. La métrica en el ejemplo considerado retorna un valor óptimo de 1.

6. COMPOSICIÓN DE MÉTRICAS

Si la primera de las singularidades de la suite BALORES es su naturaleza puramente estética, la segunda es sin duda la capacidad de componer los resultados devueltos por diferentes métricas.

Esto es posible debido a que las métricas han sido concebidas para aplicarse de forma selectiva a regiones de la interfaz, según se desee evaluar un principio estético u otro. Así, una vez especificada la evaluación de cada región de la interfaz, proponemos una expresión matemática para obtener un valor global sobre la estética del conjunto. Esta característica, la composición, no se tiene constancia de que exista en ninguna suite de métricas similar.

Veamos a continuación la expresión de composición para una interfaz cualquiera que divide su diseño en distintas áreas.

$$Composición = \frac{a_{p_1} * m_{p_1} + \dots + a_{p_i} * m_{p_i}}{a_{p_1} + \dots + a_{p_i}}$$

donde:

- p_i = panel o región no vacío y con métrica especificada
- a_{p_i} = área del panel
- m_{p_i} = valor de la métrica para el panel p_i

Si analizamos la expresión dada para la composición es posible observar cómo cada una de las regiones no vacías, para las que se ha especificado una métrica, ponderan sobre el total en función de su superficie. De esta forma la composición es sensible a la importancia relativa de las regiones sobre el área total de la interfaz.

Aunque BALORES ha sido creada con la intención de cubrir cualquier tipo de diseño, se han considerado posibles situaciones en las que la suite no ofrezca una métrica adecuada a la intención del diseñador. En estos casos se permite dejar áreas, cajas, o regiones en la interfaz sin evaluar, lo cual no influye en el valor global de composición. Pasemos ahora a ver cómo se aplicaría esta expresión sobre un diseño cualquiera, véase la Figura 15.

Abstrayendo el diseño de la interfaz es fácil denotar que el panel exterior se distribuye a su vez en tres subpaneles, teniendo un total de cuatro contenedores en la interfaz. El procedimiento ha sido tan sencillo como establecer un criterio de diseño para cada panel contenedor y calcular su métrica respectiva. A partir de estos datos intermedios y a través de la expresión de composición se ha obtenido un resultado global para toda la interfaz de 0,72. El valor obtenido nos indica que acorde a los principios considerados de

ortogonalidad, secuencialidad y linealidad, la interfaz presenta una composición estética satisfactoria.

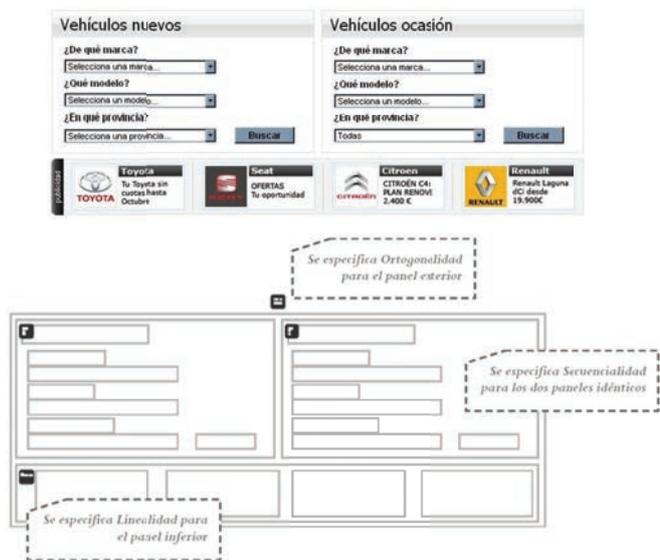


Figura 15. Ejemplo de cálculo de la Composición: Especificación de métricas

7. CONCLUSIONES

El desarrollo de interfaces de usuario permite poner en práctica múltiples conocimientos, habilidades, destrezas, consideraciones culturales y herramientas. La Interacción Persona-Ordenador es la disciplina que pone un poco de orden en todos esos elementos que un diseñador puede considerar a la hora de desarrollar interfaces de usuario. En este trabajo hemos prestado especial atención a la dimensión estética que presentan las interfaces de usuario y a cómo esa dimensión puede ser estimada cuantitativamente.

Para ello, en este artículo, primero se han identificado un conjunto de principios de diseño estético y de carácter estructural funcionalmente completos que reciben el nombre de BALORES. Estos principios tienen que ver con el balance, la linealidad, la secuencia, la ortogonalidad y la regularidad de los objetos de interacción incluidos en las distintas áreas que conforman una interfaz de usuario.

Los principios de nuestra la suite, se han materializado después en sendas métricas para su efectiva evaluación. Dichas métricas presentan una serie de propiedades que las hacen fáciles de calcular visualmente, y permiten al diseñador su interpretación de manera directa y consistente. Además, en este artículo la suite BALORES se complementa con una herramienta que facilita el cálculo de las distintas métricas propuestas, y que se ha denominado BGLayout.

El conjunto de métricas propuesto en este trabajo ha sido validado hasta el momento de manera heurística, si bien un estudio estadístico y más sistemático es posible y está, en estos momentos, llevándose a cabo. La automatización en la identificación de componentes de interacción desde capturas de pantalla es otra tarea que se ha abordado, con la intención de

completar la herramienta BGLayout, alcanzándose resultados, que aunque iniciales, resultan bastante prometedores.

Por último deseamos aclarar que, aunque los principios y las métricas documentadas en este trabajo tienen un carácter cuantitativo, se quiere dejar patente que el criterio del diseñador es siempre el que prevalece, y que la verdadera utilidad de las evaluaciones soportadas por las métricas que se han propuesto persigue proveer una herramienta y un complemento al criterio del diseñador que sirva para reafirmar o cuestionar las opiniones de éste, permitiéndole justificar la idoneidad o no de los diseños realizados. Es decir, el ánimo de esta iniciativa no está tanto en abordar un hipotético desarrollo automático de interfaces de usuario sino soportar actividades de evaluación y crítica de diseños y prototipos realizados por diseñadores de interfaces de usuario.

8. AGRADECIMIENTOS

Las actividades descritas en este artículo están parcialmente financiadas por los proyectos PEII09-0054-9581 y TIN2008-06596-C02-01.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comber, T., Maltby, J.R. 1997. Layout Complexity: Does It Measure Usability?. Proc. of INTERACT 1997: pp. 623-626
- [2] Constantine, L.L. and Lockwood, L.A.D. 1999. Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centred Design, New York: Addison-Wesley.
- [3] Galitz W.O. 2007. The Essential Guide to User Interface Design An Introduction to GUI Design Principles and Techniques, Wiley Publishing, Inc. 3ra edición, pp 8 – 145.
- [4] Gould, J.D. and Lewis, C. 1983. Designing for usability – key principles and what designers think. In: A. Janda (Ed) Human Factors in Computing Systems (Proc. of ACM CHI'83 Conf., Boston, December 1983). Cambridge: ACM Press, pp. 50-53.
- [5] Ling, D.N., Teo, L.S., Byrne, J.G. 2002. Evaluating Interface Aesthetics. Knowl. Inf. Syst. 4(1): pp. 46-79.
- [6] Macleod, M., Bowden, R., Bevan, N. and Curson, I., 1997. The MUSiC performance method, Behaviour and Information Technology 16: pp. 279-293.
- [7] Sears, A. 1993. Layout Appropriateness: A metric for evaluating user interface widget layouts. IEEE Transactions on Software Engineering 19, 7, pp. 707-719.
- [8] Sears, A. 1995. AIDE: A step toward metric-based interface development tools, Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, New York: ACM Press, pp. 101-110.
- [9] Vanderdonck, J., Gillo, X. 1994. Visual Techniques for Traditional and Multimedia Layouts. Proc. of Advanced Visual Interfaces 1994: pp. 95-104.
- [10] Blankenhorn K. 2004. A UML Profile for GUI Layout. Master Thesis. Department of Digital Media, University of Applied Sciences Furtwangen.

SWET-QUM: A Quality in Use Extension Model for Semantic Web Exploration Tools

Jose Luis González, Roberto García, Josep Maria Brunetti,
Rosa Gil and Juan Manuel Gimeno

Universitat de Lleida
Jaume II, 69
25001 Lleida, Spain
+34 973 702 742

{joseluisgs, rgarcia, josepmbrunetti, rgil, jmgimeno}@diei.udl.cat

ABSTRACT

In order to make Semantic Web tools more appealing to lay-users, a key factor is their Quality in Use, the quality of the user experience when interacting with them. To assess and motivate the improvement of the quality in use, it is necessary to have a quality model that guides its evaluation and facilitates comparability. The proposal is an extension of the international standard ISO/IEC 25010:2011 that focuses on Semantic Web exploration tools, those that make it possible for lay-users to browse and visualise it. The model is being applied as part of the iterative development process of such a tool and helps guiding its development so the Quality in Use is maximized.

Categories and Subject Descriptors

H5 m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

General Terms

Human Factors, Experimentation, Measurement, Design.

Keywords

Quality, user experience, usability, evaluation, Semantic Web

1. INTRODUCTION

The objective of this paper is to define a framework to evaluate the quality of applications based on Semantic Web technologies. This is a very broad and huge task so we have first focused on just a particular aspect of quality: the external part related with the quality in use. Moreover, we have also restricted the scope to a subset of Semantic Web applications.

The interest in quality in use is because it has received less attention until now; the focus has been placed in internal quality, which makes possible building good Semantic Web applications. However, as more applications are developed and more users start using them, aspects related to external quality are getting more

and more relevant as interest spreads from building Semantic Web applications to also getting users satisfied with them.

The focus of this work is on applications that, while exploiting the possibilities of Semantic Web technologies, provide a novel user experience for interacting with them. Most of this novelty is found in tools that facilitate the navigation and visualization of Semantic Web data. This is the kind of tools we focus on and we call them in this paper Semantic Web Exploration Tools (SWETs). Moreover, as we are also developing one of these tools we will also be able to test the proposed quality framework during the development of this tool, by integrating evaluations based on this framework into the iterative development process being used.

The rest of this paper is organised as follows. Next, Section 2 sets the state of the art in relation with existing quality model standards. Then, Section 3 highlights the challenges of interacting with the Semantic Web. Section 4 presents the proposed quality in use model and in Section 5 we show it in practice guiding the evaluation of the quality in use of a Semantic Web exploration tool. Finally, Section 6 shows the conclusions and explores the future work.

2. QUALITY IN WEB SYSTEMS

All software developers should aspire to achieving a high level of quality in software systems. One way to do this is to improve the process of interaction when carrying out a specific task in a specific context of use. However, achieving 'a good quality value' is challenging and requires previous characterization of the concept of 'quality' in order of to verify and evaluate it. All software developers should aspire to achieve a high level of quality in software systems. One way to do this is to improve the process of interaction when carrying out a specific task in a specific context of use. But, What is the Quality concept? This question can be answered as the 'the rightness of a product or service to meet user needs and the degree to which a set of inherent characteristics fulfills requirements', ISO 9000 [11]. The definition of Quality reveals two considerations: one is the need to characterize the concept of quality based on the identification of the inherent properties of the product (quality of a product). The other consideration is the need to establish or propose a series of functional and/or non-functional requirements, and how these are achieved by users through the interaction process or process of use (quality in use).

The decomposition of quality in other features makes the quality evaluation process easier, and it is known as a quality model. Basili [1] describes a quality model based on three key

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'12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

components: Factors or characteristics (to specify), indicate which properties and targets are used as indicators of the quality of a product, Criteria or properties (to build), indicate evaluable or measurable attributes linked to the factors of a software product. Metrics (to control), The evaluation of a software product is determined by metrics that allow the features offered by the developed software products to be estimated. They are defined and used to provide a scale and method for measurement.

There are many standards models, but in this work we focus on and build from the latest ISO/IEC standard model, ISO/IEC 25000:2005 [15]. It provides guidance for the use of the new series of international standards named Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). This standard replaces the old ISO/IEC 9126 [12] and the 14598 series and comprises the second generation of standards for software quality. Consequently, it goes beyond previous versions when considering the quality of the experience during the interaction process [9]. This international standard defines:

- A *Quality in Use model* composed of five factors/characteristics related to the outcome of interaction when a product is used in a particular context of use. This system model is applicable to the complete human-computer system, including both computer systems in use and software products in use (ISO/IEC 25010, Quality in Use Model, 2011) [15]. The five factors are: Effectiveness, Efficiency, Context coverage, Freedom from risk and Satisfaction.
- A *Product Quality model* composed of eight factors/characteristic related to static properties of software and dynamic properties of the computer system. The model is applicable to both computer systems and software products (ISO/IEC 25010, Software Product Quality Model, 2011) [15]. The eight product quality characteristics are Functional Suitability, Performance Efficiency, Compatibility, Usability, Reliability, Security, Maintainability and Portability.

Finally, in the ISO/IEC 25000 standard, the quality of software system is described in terms of its elements and the interaction process. ISO Standards offer metrics and how to realize the evaluation process to estimate the quality of a software system (quality in use and product quality) as part of ISO/IEC 25040:2011 [13,16]. The Quality in Use metrics are determined by the Context of Use, it means, users, tasks should be considered when evaluating the user experience or during an iterative development process of an interactive system following an User Centred Design approach [14].

Though quality is widely considered in the context of Semantic Web technologies (for instance when considering the Quality of Service (QoS) for Semantic Web services [2] or the quality of ontology alignment methods [7]), there is much less work related with building standards-based quality models to evaluate Semantic Web technologies. The main contribution in this sense is a quality model for Semantic Web technologies based on ISO 9126 [4]. However, its focus is on internal quality, not in the user experience aspects. Moreover, it is based on the standard ISO 9126 and not in the last version, ISO 25000, where quality in use has gained more relevance. Consequently, there is not much work about the evaluation of the quality in use, including usability, of Semantic Web technologies. And there are even less attempts to establish a quality in use model that guides evaluations.

For instance, there are quality metrics for guidelines for Linked Data publishing [5,6]. They focus on efficacy measures related with the quality of the generated data and not in the quality in use of the interaction components supporting the authoring tasks. Another attempt of taking into account quality in use in Semantic Web tools is [19] in which both the SDE (Semantic Data Explorer) tool is presented and an evaluation of the quality in use of it are presented. The evaluation is based on measuring the efficiency and efficacy attained with SDE and compared to the same measures using a legacy system. Although it constitutes a primitive quality model, it is too much specific to the domain where SDE is applied and the set of metrics is too much limited to constitute a quality in use model. There is a similar experience for the evaluation of four Natural Language Query Languages for Semantic Web knowledge bases [17]. In this case, the Quality in Use Model, thought not explicit, is much clearer because four different tools have been evaluated and a set of metrics is defined to compare them.

None of the previous works contributes a formal Quality in Use model. All of them are evaluations of specific tools, or at most four tools that are compared. In any case, they constitute valuable experiences that can be used to enrich a formal Quality in Use model for Semantic Web technologies like the one proposed in this paper.

3. SEMANTIC WEB HCI CHALLENGES

The first thing to take into account when considering user interaction in the Semantic Web is that despite the fact that it was designed for machine consumption, at the end, humans are its real consumers. Consequently, adopting Semantic Web technologies does not mean that users are no longer considered to be at the centre of the design process. In fact, its adoption implies new challenges for user interaction beyond those already posed by Web technologies or interactive systems in general. These challenges in the user interface should be identified and then considered when evaluating the quality in use because they are what make interacting with the Semantic Web different from existing and already quite well studied systems. Reducing the interaction barriers that these challenges might pose, and profiting from the new features that they make possible, is what can improve the perception that users have of tools based on Semantic Web technologies and facilitate their wider adoption. Consequently, they should be the focus of a model for their quality in use.

In the context of Semantic Web exploration tools, the first difference, when comparing to existing Web-based interactive systems, is that the Semantic Web constitutes a change from a Web focused on documents to a more fine-grained one where what is published and consumed are much smaller items. These items are statements called triples in Semantic Web terms. This change in the information granularity makes that web pages lose their purpose in the Semantic Web [10]. In addition to Semantic Web features that facilitate information integration, in the Semantic Web it becomes natural to dynamically build views about a particular thing by combining statements from different sources describing that thing. Consequently, the data publisher loses control about how information is packaged and presented to the users. On the other hand, the information ecosystem can be enriched with information aggregators that provide alternative views, and even end-users can gain control of the aggregation process and build their own descriptions.

When considering end-users interaction, this freedom is not just about how to accumulate statements but also, as the amount of them can easily become really big, how they are arranged, traversed, filtered, etc. Consequently, it is not web pages what loses purpose, but also predefined information architectures because now users can explore information following many different and unanticipated paths. Consequently, a critical aspect of Semantic Web exploration tools is that they are capable of making all the richness of the underlying data model available at the interaction level. They should not constraint the interaction or reduce these constraints to the minimum, by setting just a limited and predefined set of ways to explore the data. Therefore, the information architecture built to drive user interaction should be flexible enough to offer to the user all the possible ways to conceive and interact with the data. However, this flexibility should not be at the expense of users cognitive overload, and it does not need to be the case. It should be possible to exploit data richness to provide a flexible interaction that satisfies different user mental models. It is also important to note here that, though Semantic Web data is based on a graph data model, this is not necessarily the appropriate metaphor in the user interface [21]. A graph based representation might be useful when overviewing the data because it might be easier to spot patterns in the data. However, when the exploration takes the user closer, when the user is browsing the data, graph-based representations get less useful and alternatives should be explored. An alternative view when user zooms into the data is an entity-oriented approach. This approach is based on the idea of assembling the data pieces, even when they come from different sources, around the entities they describe. This approach can be then complemented with an object-action interaction paradigm [23], where actions do not need to be associated a priori to entities. It is the aggregation of data about these entities, and the underlying semantics, what drive this association and provide a really flexible way to explore and interact with the data.

A key element when setting the context for Quality in Use with SWET evaluation is to determine the kinds of user tasks to be evaluated. Shneiderman's Visual Information Seeking Mantra, a set of user tasks proposed from outside of the Semantic Web community, which has become the standard when considering interaction with visual information [22]. The tasks are:

- *Overview*: gain an overview of the entire collection.
- *Zoom*: zoom in on items of interest.
- *Filter*: filter out uninteresting items.
- *Details-on-demand*: select an item or group and get details when needed.
- *Relate*: view relationships among items.
- *History*: keep a history of actions to support undo, replay, and progressive refinement.
- *Extract*: allow extraction of sub-collections and of the query parameters.

Shneiderman's tasks provide a much more detailed view of the typical task of Semantic Web Exploration Tools, Browse. Taking into account these subtasks of Browse might provide the required level of detail by the fact that the quality model will focus specially on this Task. Moreover, this set is well established and widely used in the Information Visualisation discipline so very likely to provide useful insights for Semantic Web exploration.

4. QUALITY IN USE MODEL FOR SWETS

In this work, we propose a Semantic Web Exploration Tools Quality in Use Model (SWET-QUM) that specialises the generic

Quality in Use characteristics/factors and properties proposed in ISO/IEC-25010:2011 [15], for the evaluation of quality of interaction for Semantic Web exploration tools. They are all the characteristics for Quality in Use in ISO/IEC-25010:2011 except for Freedom from Risk (for the moment because it has not been considered relevant in the evaluation context defined so far to measure economical, health and environmental risks). This factor is more appropriate when considering ergonomic and related factors that for the moment lay out of the proposal scope.

SWET-QUM is completed with metrics. We should mention that all the metrics identified are focused on process of use. Hence, the evaluation essentially requires testing with users, observation of users while they are interacting and the completion of questionnaires when users finish interacting in order to measure satisfaction. Our proposed metrics have an interpretive approach, and are focused on the resolution of tasks, which means they are based on the achievement of task goals by users during the interaction process.

The following subsections, each one corresponding to one of the Quality Factors under consideration, present the criteria/properties to be measured and the metrics to be used to compute the property measure. Finally we present a methodology to realize the evaluation of the interaction process.

4.1 Effectiveness

Effectiveness defines *the degree to which specific users can achieve the semantic data exploration tasks with precision and completeness*. The proposed metrics are:

Task success. What proportion of one task is completed?

Measure: $X = F(X)$ (percentage of the task completed).

Value: $0 \leq X \leq 1$ (the closer to 1.0 the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

Tasks completion. What proportion of the tasks is completed?

Measure: $X = A/B$ (A is the number of tasks completed and B the total number of tasks attempted).

Value: $0 \leq X \leq 1$ (the closer to 1.0 the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

Data Exploration UI Effectiveness. What proportion of the user interface components, relevant for the task, do the users view? These components are those relevant for the data exploration tasks and include high level components like menus, facets, breadcrumbs, etc. but also, when a more detailed view is necessary, links, buttons, forms, etc.

Measure: $X = A/B$ (where A is the number of relevant components viewed by the users and B the total number of relevant components).

Value: $0 \leq X \leq 1$ (the closer to 1 the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record. Eye tracking of the screen areas corresponding to each of the monitored components

4.2 Efficiency

Efficiency, *the degree to which specific users can achieve the proposed tasks by investing an appropriate amount of resources in relation to the effectiveness achieved in a semantic data exploration context of use*:

Task time. How long does it take to complete a task?

Measure: $X = T_a$ (where T_a is the task time).

Value: $0 \leq X$ (the smaller the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

Total Time. How long does it take to complete all the tasks?

Measure: $X = TT$ (where TT is the total time).

Value: $0 \leq X$ (the smaller the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

Task efficiency. How efficient are the users?

Measure: $X = M/T$ (M is task success and T is task time).

Value: $0 \leq X$ (the larger the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

Facilitator help requests. How many help requests has the user asked the facilitator?

Measure: $X = R_f$ (where R_f is the number of help request).

Value: $0 \leq X$ (the closer to 0 the better).

Input: Operation (test) report. User monitoring record.

UI Component Efficiency. What percentage of the attention of the user is captured by the components relevant for data exploration tasks? The percentage is relative to the total time spent with the components. The objective in this case is to check if the most part of the UI for data exploration is used so there are not parts of it that are occupying UI space but not being considered by the user. The same kind of components that in Data Exploration UI Effectiveness are considered in this case.

Measure: $X_i = A_i/AT$ (where A is the time spent looking at relevant UI component i and B the total time spent looking at all the relevant components). **Value:** $0 \leq X_i \leq 1$ (when closer to 1 more attention has been paid to component i).

Input: Eye tracking record of the screen areas corresponding to each of the monitored components.

4.3 Context Coverage

Context coverage is about *the degree to which the Semantic Web exploration tools can be used with efficiency, effectiveness and satisfaction in a specific context of use (context completeness); and how the system can be used in different contexts and adapt to different user mental models (flexibility in use) offering the best user experience*, for example, offering as many as possible ways to complete the data exploration tasks:

Task Flexibility. What proportion of the task can be achieved using the tool by alternative methods of interaction?

Measure: $X = A/B$ (where A is the number of alternative ways of completing the task offered by the analysed tool and B the total number of conceivable ways of completing it taking into account the conceptual domain of the task). **Value:** $0 \leq X \leq 1$ (the closer to 1 the better).

Input: Expert analysis of the task, the task domain and the tool user interface.

Layout Flexibility. For a given context of use, what is the average number of interaction steps required to reach the user interface components relevant for the task? For navigation menus this is equivalent to how deep relevant menu options are in the Information Architecture. Consequently, if the component is directly visible for the user, it is considered to be at depth zero.

These components might be menu options, forms, facets, etc. The metric checks that for a particular dataset, user interface components are arranged so the more relevant choices are more evident.

Measure: $X = \sum(D_i)/n$ (where D_i is the number of interaction steps required to reach task-relevant UI component i and N is the total number of relevant components).

Value: $0 \leq X$ (the closer to 0 the better).

Input: Expert analysis of the tool user interface.

4.4 Satisfaction

User Satisfaction is *the degree to which they are satisfied by the data exploration tool*. This factor considers various attributes such as fun, pleasure, comfort, attractiveness, motivation, emotion or sociable (hedonic factors):

Satisfaction questionnaire. How satisfied is the user with specific software features?

Measure: $X = \sum(A_i)/n$ (where A_i is the value of a response to a question and n is the number of responses).

Value: Compare with previous values or population average.

Input: Operation (test) report. User monitoring record. User test plus questionnaires.

4.5 Evaluation Process

To realize the evaluation process, the proposal is a mix of evaluations and questionnaires. These techniques are organised following the standard for a Common Industry Format for Usability report (CIF) [3] into the following four stages. First,

Pre-Test: The test facilities are set and the context of use is defined, including the factors and properties to be measured, the kinds of tasks and the users' profiles, who are recruited.

Test: The tool and the tasks to be completed are presented to the users. The interaction process is analysed by the metrics to measure the quality factors of each task to analyze the experience.

Post-Test: User satisfaction is measured after performing the test using questionnaires that capture the subjective vision of the interactive process of use. In addition to the post-test satisfaction questionnaires, it is also possible to use *post-task* satisfaction questionnaires, which are presented to the user after the completion of each individual task.

Reports: The data resulting from the evaluations with users and questionnaires is analysed. The metrics for the quality factor are computed and they are interpreted in the context of the evaluation session objectives.

5. CASE STUDY

In this section we apply the proposed quality in use model SWET-QUM in a real setting: its integration in the development process of the Rhizomer tool [8] for Semantic Data exploration. As part of the Rhizomer development process, the SWET-QUM is integrated as part of a Rapid Iterative Testing and Evaluation (RITE) Method [18]. This is an iterative development process based on short iterations. Each iteration, or reduced set of iterations, includes an evaluation of the Quality in Use with a small group of users. This makes the evaluations differ from traditional ones mainly in the sense that much smaller groups of users are recruited for the tests, though tests are performed much more frequently. Consequently,

results for individual test iterations are less significant from a statistical and quantitative point of view. The main results from just a testing session are basically qualitative and are used to guide the next development iteration. However, as many evaluation iterations are accumulated along the development process, it is possible to perform a quantitative analysis of the quality in use properties measured in each iteration and validate the evolution of the quality in use from a quantitative point of view. Moreover, the overall costs of the evaluation are significantly reduced [18]. Due to space restrictions just one of these evaluation iterations is included in this paper.

5.1 Results for the Post-pivoting Evaluation Iteration

At this iteration, Rhizomer featured the following user interaction components: a top navigation menu generated automatically from the ontologies structuring the data and a faceted view for each kind of entities in the dataset being explored. Each facet allows filtering by selecting literals or resources among the values of the facet.

Moreover, as a result of the user experience limitations observed in previous evaluations, a new pivot action [20] is introduced during the development of this iteration, which makes the user experience much more flexible. When the user is viewing the facets for a given set of resources, e.g. actors, it is possible to move to the faceted views of all the classes related with the current class, e.g. films. This way it is possible to overcome limitations observed during previous evaluations. For instance, when the user is trying to fulfil the tasks “find all films directed by Woody Allen where he has also acted”, if the user starts from actors and restricts the set of them just to Woody Allen, it is necessary to pivot to the set of films where he has acted in order to restrict the set by the director facet. Without the pivot action, it is just possible to complete the task if the user starts from the set of films.

This feature is available in the user interface both as a button associate to the facet connecting both set of resources, e.g. “acted in”, and also as a box labelled “Navigate to” that contains the list of all the classes that are linked from facets in the current view, as shown in Fig. 1.

Pre-test: The evaluation is conducted at the UsabiliLAB, the usability laboratory of the Universitat de Lleida. The equipment is based on two computers. One of them is for the user and it is equipped with an EyeTracker and Morae Recorder, which register user interaction, where the user is looking at, screen video, clicks, mouse position, user voice and user video through a webcam. The other is equipped with Morae Observer and Morae Manager, which are used by the evaluation team to observe, annotate and analyse the interaction session. Six participants are selected, with a profile characterized by experience with computers and the Web but no technical knowledge about the Semantic Web, which fits into the Semantic Web lay-users target profile.

Rhizomer is deployed on top of a real dataset called the Linked Movie Data Base (LinkedMDB). The objective is to evaluate the Efficiency, Effectiveness and Context Coverage factors of the tool with tasks that involve Overview, Zoom, Filter and Details on Demand, the core tasks for data exploration.

Test: The test facilitator proposes users the following tasks:

- Task 2.1 - “Find three films where Clint Eastwood is director and also actor”.

- Task 2.2- “Who has directed more films in countries located in Oceania”.

The objective of Task 2.1 is to compare the user experience quality after introducing the pivot operation compared to an identical task in the previous iteration evaluation prior to the implementation of the pivot action. The task will be labelled as Task 1.2 through this paper. On the other hand, Task 2.2 can just be solved using pivoting and requires at least two pivoting steps to be completed. It is much more complex than Task 2.1. The objective in this case is to evaluate the quality in use of the pivoting operation.

Post-test: A questionnaire is presented to users after completing each task. It is the same as in previous iterations so results can be compared as shown in Fig. 2. The particular questions used in this questionnaire are:

- S-G1 The task was... very hard - very easy
- S-G2 I think that I have done the task... not correctly at all - absolutely correct
- S-G3 The interface structure... did not help me at all - did help me very much
- S-G4 The time to complete task has been... long - short
- S-G5 To achieve the task I have had to be... very focused - not focused at all
- S-G6 The task was... badly defined, I did not understand the objective - Well defined, I understood the objective

Results: The UI Components Effectiveness is 100% because all the relevant UI components received at least one attention fixation. Fig. 1 shows a heat map that illustrates how attention was distributed in the user interface, including the relevant UI components. For the Context Coverage quality factor, the Task Flexibility and Layout Flexibility properties are measured. For Task 2.2 it is determined that from the conceptual point of view, the task can be completed following 4 main paths: starting from director, film, country or continent. For Layout Flexibility, Task 2.1 measures are identical than for Task 1.2, while for Task 2.2 the shortest interaction path and the depth at which each step happens are computed. The metrics for these properties are shown in previous points. The results for the post-task satisfaction questionnaire are shown in Fig. 2, where the results for Tasks 1.2 from the previous iteration and Task 2.1 and 2.2 are compared.

The first finding (see Table 1 and 2), after analysing the *Effectiveness* and *Efficiency* metrics and in comparison with the results from the previous iteration, is that the introduction of pivoting has produced a great improvement of both factors. For *Efficiency*, there is a 30% reduction in the mean time necessary to complete Task 2.1. Moreover, there is a 57% reduction in the maximum time to complete the task compared to Task 1.2. From the point of view of *Effectiveness*, it is important to note that all users completed the task without facilitator help, while in the previous iteration for Task 1.2 all users required facilitator assistance. These metrics are not so encouraging in the case of Task 2.2 where some measures are even worse than for Task 1.2. During the evaluation the impression is that users do not completely understand the pivot operation. In fact, as shown in Fig. 1 for the UI Components *Efficiency*, users have mostly ignored the components that provide the pivot operation, the pivot button and the “Navigate to” box. On the other hand, most of the attention has been placed on the facets.

For the next development iteration, it seems appropriate to discard the “Navigate to” box, as it is too far from the attention focus placed on the facets. The pivot button also confuses users and some of them even think that clicking it implies restarting the

exploration and losing all the filters applied so far. In fact, breadcrumbs also received very little attention and in the case of Task 2.2 they do not seem to help users contextualise their interaction. Consequently, for the next development iteration, we will explore alternative ways of presenting the pivot operation, preferably integrated into the facets that are where user attention is placed. Moreover, we will explore ways to make breadcrumbs more evident and make it easier for users to recognise the filters applied so far and the effects of the pivot operation. *The Context Coverage* metrics also support the previous findings (see Table 3). For Task 2.1 Task Flexibility is now 100% but for Task 2.2 it is just 50% because it is not possible to reach Country or Continent from the top navigation bar. We will concentrate now on ways of making classes with just a few instances available from the menu, which gives preference to classes with a lot of them. We will also try to improve Layout Flexibility, which is the same than in the previous iteration for Task 2.1 but worse for Task 2.2. In this case, one easy way to reduce interaction steps is to make the facet search box available and not requiring that the user expands the facet to reach it.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In order to be able to evaluate the quality in use of a Semantic Web Exploration tools, and assess and motivate its improvement, it is important to follow a quality standard that facilitates comparability and a solid quality model. Our proposal is an extension of the international standard ISO/IEC 25010:2011. SWET-QUM provides metrics based on ISO/IEC standards, and others specially conceived for Semantic Web exploration tools. These metrics measure properties related to the quality of interaction experience. SWET-QUM has already been applied to evaluate different tools, but it is showing its full potential driving the iterative development process of the Rhizomer tool for Semantic Web exploration. SWET-QUM is used in this context as the framework when performing the evaluations that complete development iterations and help guiding future ones to maximise the quality of the final user experience of the tool for lay-users.

Future work is first to explore additional metrics that enrich the current model and exploit techniques like Eye Tracking that help understanding user interaction. The model can be also extended to other kinds of tools based on Semantic Web technologies or more sophisticated user tasks. Finally, and additional line of future work is applying SWET-QUM to more tools and specially to carry out a study of existing Semantic Web exploration tools. The study, thanks to the use of a quality in use model with the corresponding metrics, will facilitate the comparability of the quality in use of the tools and provide guidelines for their improvement, making the Semantic Web more appealing to lay-users.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Mariano Rico from Universitat Autònoma de Madrid for his help with the satisfaction evaluation and the generation of Fig. 2.

8. REFERENCES

- [1] Basili, V.R. A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data. In *IEEE Transactions On Software Engineering*. 10 (1984) 728-738.
- [2] Cardoso, J., Sheth, A., Miller, J., Arnold, J. and Kochut, K. Quality of service for workflows and web service processes. In *Web Semantics: Science, Services and Agents on th World Wide Web*, 1, (2004) 281-308.
- [3] Common Industry Format for Quality in Use Test Reports (Annex F), in *Software engineering - Product quality - Part 4: Quality in use metrics*, ISO/IEC 9126-4, 2004, pp. 37-46.
- [4] Radulovic, F., García-Castro, R., Towards a Quality Model for Semantic Technologies, in: B. Murgante, O. Gervasi, A. Iglesias, D. Taniar, B.O. Apduhan (Eds.), *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011: pp. 244-256.
- [5] Davies, S., Donaher, C., Hatfield, J., Zeitz, J. Making the Semantic Web usable: interface principles to empower the layperson, In *Journal of Digital Information*. 12 (2011).
- [6] Davies, S., Donaher, C., Hatfield, J., Zeitz, J. User Interface Design Considerations for Linked Data Authoring Environments, In *Proceedings of the Workshop on Linked Data on the Web, LDOW 2010*, Raleigh, USA, 2010.
- [7] Euzenat, J., Meilicke, C., Stuckenschmidt, H., Shvaiko, P., Trojahn dos Santos, C. Ontology Alignment Evaluation Initiative: Six Years of Experience. In *Journal of Data Semantics*. 15 (2011) 158-192.
- [8] García, R., Gimeno, J.M., Gil, R. et al., Building a Usable and Accessible Semantic Web Interaction Platform, In *World Wide Web*. 13 (2010) 143-167.
- [9] González Sánchez, J.L., Montero, F., Gutiérrez, F.L. Constatando la evolución del concepto de usabilidad como indicador de Calidad del software. *El Profesional de la Información*. (2012)
- [10] Heath, T. How Will We Interact with the Web of Data? In *IEEE Internet Computing*. 12 (2008) 88-91.
- [11] ISO 9000 Quality management systems -- Fundamentals and vocabulary. (2005) *ISO Press*
- [12] ISO 9126-1, Software engineering. (2001). *ISO Press*
- [13] ISO 9126-4, Software Engineering - Product quality - Quality in use metrics. (2004) *ISO Press*.
- [14] ISO 13407, Human-centred design process. (1999) *ISO Press*
- [15] ISO 25010-3, Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE): Software product quality and system quality in use models. (2011) *ISO Press*.
- [16] ISO 25020, Software engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Measurement reference model and guide. (2011) *ISO Press*
- [17] Kaufmann, E., Bernstein, A. Evaluating the usability of natural language query languages and interfaces to Semantic Web knowledge bases, In *Web Semant*. 8 (2010) 377-393.
- [18] Medlock, M. C., Wixon, D., Terrano, M., Romero, R. L., Fulton, B. Using the RITE method to improve products: A definition and a case study. In *Proceedings of the Usability Professionals Association*, Orlando, Florida, USA, (2002)
- [19] Paulheim, H. Improving the usability of integrated applications by using interactive visualizations of linked data. In *Proceedings of the International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics*, ACM, New York, NY, USA, (2011). 19:1-19:12
- [20] Sacco, G.M., Tzitzikas, Y. eds: *Dynamic taxonomies and faceted search: theory, practice, and experience*. Springer, New York, NY, USA (2009).

[21] Schraefel, M.C., Karger, D. The Pathetic Fallacy of RDF, in: *International Workshop on the Semantic Web and User Interaction (SWUI)*. (2006). Athens, USA.
 [22] Shneiderman, B. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. In *Proceedings of*

the IEEE Symposium on Visual Languages, IEEE, Boulder, CO, USA, (1996), 336–343

[23] Shneiderman, B. Guidelines, Principles, and Theories (ch. 2). In *Designing the User Interface*, 4th ed., Addison Wesley, (2005).

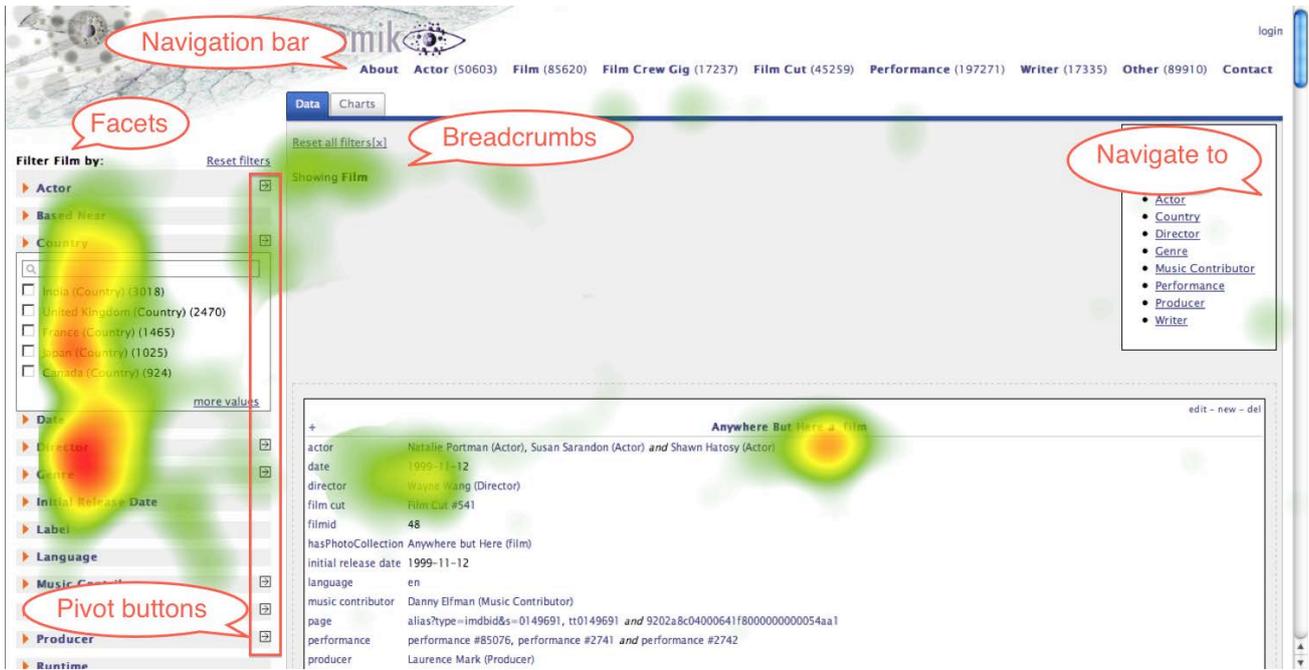


Fig. 1. Heat map showing in red the parts of the Rhizomer user interface that received more attention from the user

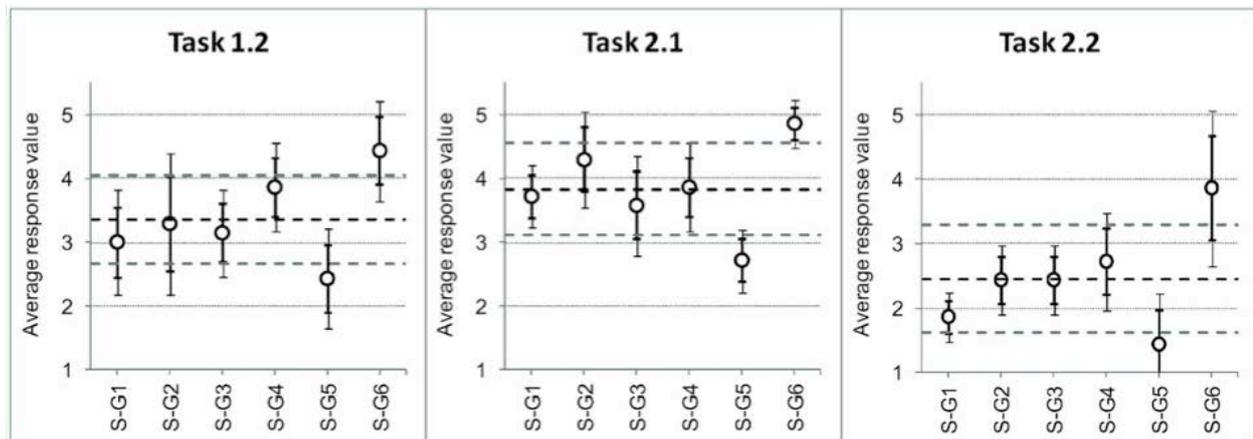


Fig. 2. User satisfaction values for Tasks 1.2, 2.1 and 2.2 following the post-test questionnaire detailed in Section 5.1. Circles represent the mean value of users' responses. Thin bars show the standard deviation. Thick bars show the mean's 90% confidence interval. Dark dotted lines show the average value of the responses, and light dotted lines show standard deviation bounds.

Table 1. Effectiveness and Efficiency metrics for Task 2.1 and Task 2.2

Metric	Task 2.1				Task 2.2			
	Task Success	Task Time (min.)	Task efficiency	Facilitator help requests	Task Success	Task Time (min.)	Task efficiency	Facilitator help requests
Min.	100%	0.89	45%	0.00	100%	1.99	22%	1.00
Max.	100%	2.23	112%	0.00	100%	4.50	50%	1.00
Mean	100%	1.69	68%	0.00	100%	3.43	32%	1.00
St.Dev.	0%	0.57	30%	0.00	0%	0.96	10%	0.00

Table 2. UI Components Effectiveness and Efficiency metrics for Task 2.1 and Task 2.2

Relevant UI Components	Mean Fixation Count (rounded)	Mean Fixation Duration (s)	UI Component Efficiency (%)
Global Navigation Bar	14	4.1	4%
Facets	161	91.92	90%
Facets "pivot button"	5	3.75	4%
"Navigate to" Box	3	1.15	1%
Breadcrumbs	7	1.78	2%
Total	190	102.7	100%

Table 3. Metrics related with the flexibility property of the Context Coverage factor

	Task 2.1		Task 2.2	
	Task Flexibility	100%	It is possible to go through actor, director or film	50%
Layout Flexibility	1.50	Search box (0), Select person (1), scroll (2), expand acted (2), scroll (2) and expand directed (2)	1.83	Zoom film (0), pivot country (1), expand continent (2), select Oceania (3), pivot film (2), expand director (3)
Interaction Steps	6		6	

Método de análisis y aplicación de la gamificación

Andrés Francisco
Aparicio
Universidad de Granada
España
andres@ugr.es

Francisco Luis
Gutiérrez Vela
Universidad de Granada
España
fgutierr@ugr.es

José Luis González
Sánchez
Universidad de Lleida
España
joseluisgs@ugr.es

José Luis Isla
Montes
Universidad de Cádiz
España
joseluis.isla@uca.es

ABSTRACT

En este trabajo presentamos un método de aplicación y análisis de la gamificación como herramienta de ayuda a la participación y la motivación de las personas en la realización de diferentes tareas y actividades. Se analizan cuáles son las motivaciones psicológicas y sociales de los seres humanos y qué mecánicas de juego pueden ayudar a la hora de satisfacer estas necesidades. De la misma forma, se propone un método de análisis de la efectividad de la gamificación basado en un modelo de calidad de servicios y en las métricas asociadas a las propiedades de la jugabilidad como medida de la diversión inducida por el proceso de gamificación.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems *Human factors.*

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Gamificación, metodología, motivación, mecánicas, análisis, efectividad.

1. INTRODUCCIÓN

Desde principios de 1980, investigadores del campo de la Interacción Persona-Ordenador han tratado de aplicar elementos del diseño de videojuegos en contextos que no tuvieran que ver directamente con el entretenimiento. Los primeros estudios se centraban en el uso de mecánicas de juego que permitiesen convertir las interfaces de usuario en sistemas de interacción más divertidos y placenteros [22,21]. Otras investigaciones resaltaban la importancia de llevar a cabo un análisis más profundo del significado de diversión [2] y su relación con el concepto de usabilidad [13] con el fin de mejorar el proceso de análisis de la satisfacción que producen determinados sistemas interactivos en los usuarios.

En el año 2010, dentro de las conferencias que tuvieron lugar en el DICE Summit celebrado en Las Vegas (Nevada), el diseñador de videojuegos Jesse Schell dio una charla en la que presentó un hipotético futuro en el que los videojuegos formarían parte de nuestras vidas [29]. Las acciones que realizamos habitualmente

estarían relacionadas con algún tipo de juego en el que obtendríamos puntos y desbloquearíamos recompensas en función de nuestro comportamiento. Este traspaso de la barrera que separa lo real de lo virtual a través de las mecánicas de juego es a lo que originalmente Jesse Schell se refirió con el término gamificación. A partir de ese momento, la gamificación fue adquiriendo mayor relevancia y surgieron diferentes publicaciones procedentes de diferentes ámbitos como el mundo del marketing [11,10] y más recientemente desde la comunidad de Interacción Persona-Ordenador [6].

La gamificación se define como el uso de elementos del diseño de videojuegos en contextos no lúdicos [7]. Los elementos que se emplean en los procesos de gamificación son relativos a los juegos, es decir, pertenecen a actividades estructuradas con reglas explícitas y no a actividades espontáneas o a comportamientos improvisados. A diferencia de los juegos serios, en los que se utilizan juegos completos con fines no lúdicos, la gamificación únicamente hace uso de elementos de juegos sin llegar a constituir un juego completo en sí. La aplicación de estos elementos no se limita únicamente a medios digitales, ni tampoco está ligada a alguna tecnología concreta o a alguna práctica de diseño determinada [7]. La gamificación puede emplearse como herramienta de mejora de la participación y la motivación de las personas en la realización de diversas tareas y actividades que, en principio, pudieran no resultar demasiado atractivas. Su aplicación no queda restringida a ningún ámbito concreto y puede emplearse en contextos tan diferentes como la educación [20], el desarrollo de comportamientos respetables con el medio ambiente [15,1] o la mejora del bienestar de las personas mayores [12].

Actualmente, el incesante avance de la computación ubicua impulsado por la integración de los dispositivos móviles en la sociedad, ha perfilado un escenario especialmente interesante para la inclusión de mecánicas de juego en diferentes contextos con la intención de motivar a las personas a realizar ciertas tareas.

En este artículo proponemos un método que facilita el análisis de tareas en las que se desea aplicar la gamificación. Basándonos en la macro teoría de la autodeterminación de la motivación humana, definimos un marco de trabajo que nos permite, por una parte, determinar qué tipo de mecánicas de juego debemos incorporar a las actividades para que éstas satisfagan las necesidades psicológicas y sociales de la motivación humana [27], y por otra, evaluar la efectividad del proceso de gamificación en base a la diversión, usando las propiedades que caracterizan la jugabilidad, y su grado de mejora en la obtención de resultados satisfactorios a través de un modelo de calidad de servicios.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma: En el apartado 2, mostramos la importancia que tienen los juegos en la motivación humana y en el desarrollo social de las personas. En el apartado 3, hacemos una introducción a la teoría de la autodeterminación y a los elementos de la motivación

identificados por Daniel H. Pink. En el apartado 4, describimos cada una de las actividades que proponemos para facilitar el análisis y la aplicación de la gamificación. En el apartado 5, mostramos un ejemplo de aplicación del método propuesto en un gimnasio. Finalmente, en el apartado 6, comentamos algunas conclusiones y los trabajos futuros.

2. MOTIVACIÓN EN LOS VIDEOJUEGOS

Jugar es una de las actividades básicas realizadas por los seres humanos. Hasta finales del siglo XX, el estudio de los juegos se limitaba a campos como la historia y la antropología [32]. Posteriormente, los juegos han sido estudiados por múltiples disciplinas como la filosofía, la sociología y más recientemente por las ciencias de la computación [16]. El estudio de los tipos de juegos, ha servido como elemento de caracterización y definición de las diferentes culturas que conocemos hoy en día y ha ayudado a la comprensión del rol que desempeñan los juegos en las sociedades [17]. A lo largo de la historia, los juegos han ido desarrollándose a la par de las civilizaciones y han demostrado tener una importancia vital en la evolución de las interacciones sociales de las personas [8].

A partir de los años 70, fueron apareciendo los primeros videojuegos comerciales y desde entonces, la industria del entretenimiento interactivo ha ido creciendo a pasos agigantados, hasta alcanzar un mercado global valorado en 65 mil millones de dólares [9]. Los videojuegos son sistemas software altamente interactivos creados para divertir mediante la interacción de una o varias personas con la máquina en la que se ejecutan [14]. La diversión es, sin duda, una de las características más interesantes que presentan este tipo de sistemas, ya que gracias a ella los videojuegos pueden emplearse como herramienta de motivación de la conducta humana [23,26].

En el año 2004, Nicole Lazzaro llevó a cabo un estudio de campo [19] en el que 30 jugadores compartieron sus experiencias mientras jugaban a sus videojuegos favoritos en diferentes plataformas (PC, videoconsolas, dispositivos móviles...) de forma individual o multijugador, incluyendo también partidas a través de Internet. Con este estudio Lazzaro pretendía responder a la pregunta de por qué las personas juegan a los videojuegos. Como síntesis de los resultados obtenidos en este trabajo, puede concluirse que las personas juegan a los videojuegos por muy diversas razones, pero todas ellas pueden enmarcarse dentro de la liberación de estrés, el dominio, la socialización y la diversión.

3. TEORÍAS DE LA MOTIVACIÓN

La teoría de la autodeterminación de Ryan y Deci, es una macro-teoría de la motivación y personalidad humana acerca de las tendencias del desarrollo de la personalidad y las necesidades psicológicas innatas de las personas [27]. De acuerdo con esta teoría, la motivación intrínseca es el núcleo principal que se asocia a la práctica deportiva y al juego [27]. Las actividades de motivación intrínseca son aquellas que el individuo encuentra interesantes y realiza sin ningún tipo de condicionamiento, simplemente por el mero placer de realizarlas.

La motivación intrínseca precisa de la participación activa de las personas en tareas que encuentran interesantes y que les permiten desarrollarse internamente. Para que esta participación activa pueda seguir manteniendo el nivel de interés inicial, es necesario dotar a la actividad de elementos que satisfagan las necesidades psicológicas y sociales de la persona. Dar posibilidades para

elegir, establecer objetivos adecuados a las capacidades de cada individuo o facilitar las relaciones sociales entre los participantes de una misma actividad, son estrategias que favorecen a la motivación intrínseca de las personas [4]. Por el contrario, la motivación extrínseca es aquella que se produce cuando la actividad está controlada por recompensas. Este tipo de motivación tiende a provocar en las personas el sentimiento de estar siendo controladas por factores externos, algo que repercute de forma negativa en la motivación intrínseca del individuo. Las recompensas, la información negativa o situaciones de represión y los elementos de control sobre las personas, disminuyen la motivación en general, por lo que es conveniente evitar este tipo de elementos y situaciones a la hora de llevar a cabo un proceso de gamificación [5].

En uno de sus libros [25], Daniel H. Pink lleva a cabo un análisis de los principios que verdaderamente motivan a las personas. El autor identifica tres elementos clave que permiten conseguir el bienestar personal y la satisfacción individual: autonomía, maestría y propósito. La autonomía responde al deseo que tienen todas las personas de controlar sus propias vidas y la manera de realizar sus trabajos. La maestría concierne al deseo de mejorar constantemente y a la obtención de la satisfacción personal a través de retos que se ajusten a las capacidades de cada individuo. El propósito actúa como hilo conductor de las necesidades intrínsecas de las personas y permite la realización personal. Por otra parte, Daniel establece que los comportamientos que son guiados a través de recompensas externas pueden derivar en comportamientos no éticos y pueden afectar de forma negativa a la creatividad, al rendimiento y a la capacidad de análisis de las personas.

El método que proponemos se basa en las necesidades definidas en la teoría de la autodeterminación combinadas con el propósito definido por Pink. A continuación comentamos las necesidades psicológicas y sociales que se han de satisfacer para mantener la motivación intrínseca:

3.1 Autonomía

La autonomía se refiere al sentido de la voluntad cuando se hace una tarea. Cuando las actividades se realizan por interés personal, la autonomía que se percibe es alta. Dar posibilidades para elegir, usar comentarios informativos a modo de recompensas y no hacer un control sobre las instrucciones que se dan, han demostrado mejorar la autonomía y consecuentemente, la motivación intrínseca de las personas. Por el contrario, las condiciones que disminuyen la sensación de libertad y de elección, interfieren con la autonomía que se percibe y puede disminuir la motivación intrínseca. Cuando una persona se siente controlada en la realización de una actividad o en la forma de llevarla a cabo, el sentido de autonomía disminuye y por tanto la motivación también se ve afectada [28]. Puesto que jugar es una actividad voluntaria, la autonomía que se asocia a los juegos es normalmente alta. No obstante, la voluntad de una persona a la hora de jugar a un juego determinado varía en función de lo atractivo que éste pudiera llegar a ser, de su diseño y de su contenido [28]. El diseño del juego afecta a la autonomía en función de la capacidad de elección que se presente frente a una secuencia de acciones, o el número de objetivos o tareas que se puedan llevar a cabo. La autonomía puede mejorarse mediante diseños de juegos que doten al jugador de flexibilidad de movimientos y estrategias, elección de las tareas y los objetivos y aquellos en los que las recompensas están estructuradas a fin de proporcionar comentarios en lugar de controlar el

comportamiento del jugador. El juego debe responder dinámicamente a las elecciones de los jugadores sin restricciones o anticipación [28].

3.2 Competencia

La competencia es la necesidad que presentan las personas de participar en desafíos y sentirse competentes y eficientes. Los factores que mejoran la experiencia de competencia, como las oportunidades de adquirir nuevos conocimientos o habilidades, ser retos óptimamente o recibir retroalimentación positiva, mejoran el nivel de competencia percibido y por tanto, también mejora la motivación intrínseca. La competencia percibida es mejorada en contextos de juego en los que los controles son intuitivos y fáciles de dominar y las tareas que hay que llevar a cabo en el juego proporcionan de manera constante retos óptimos [3] para el jugador y proveen oportunidades para generar retroalimentación positiva [4].

3.3 Relación

La relación es otra de las necesidades psicológicas que mejora la motivación y el bienestar, jugando un papel importante en el mantenimiento de la motivación intrínseca. La relación se experimenta cuando una persona se siente conectada con otras. La motivación intrínseca se verá reforzada en relaciones que transmitan seguridad, haciendo que este tipo de motivación aparezca con mayor probabilidad y sea más robusta [27,4]. La integración actual entre juegos y redes sociales hace muy interesante su uso como elemento que refuerza la motivación.

3.4 Propósito

Además de las necesidades psicológicas y sociales comentadas, la realización personal precisa de la convergencia de todas ellas en un determinado propósito. En este sentido, los objetivos transversales realizarán una función integradora entre el objetivo principal de la tarea y la necesidad intrínseca de cada persona a través de las mecánicas de juego que se hayan seleccionado. Esta concordancia entre objetivos y propósitos permitirá a los usuarios sentirse partícipes de actividades que consideran productivas para satisfacer sus necesidades y propósitos personales.

4. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Desde un punto de vista funcional, los videojuegos pueden descomponerse en tres en tres partes: Núcleo del Juego, Motor del Juego e Interfaz del Juego. En el Núcleo del juego se definen los elementos que van a caracterizar y diferenciar la naturaleza del videojuego. El Motor del Juego controla la representación de cada elemento del juego y cómo se interactúa con ellos a través de una serie de rutinas software, módulos o subsistemas. La Interfaz del Juego es la parte encargada de mostrar la apariencia final del videojuego y de gestionar la interacción que realiza el usuario con el videojuego, así como de presentar todos los contenidos con los que el jugador puede interactuar, tales como opciones, escenas del mundo virtual o controles [13].

A la hora de llevar a cabo un proceso de gamificación, nos centraremos principalmente en el Núcleo del Juego, donde se definen las Mecánicas, el Desarrollo Argumental y la Experiencia de Usuario. Las Mecánicas determinan las operaciones y las leyes que modelan el mundo virtual que se recrea en el videojuego, el Desarrollo Argumental gestiona el argumento del videojuego y su narración y la Experiencia de Usuario define los elementos que están relacionados con la interacción del usuario [13]. En los

procesos de gamificación es necesario identificar qué conjunto de mecánicas son más interesantes en base a los objetivos de la tarea que se desea gamificar. La gamificación trata de aplicar aquellos elementos característicos de los videojuegos que mejoran la motivación en otros contextos y sobre tareas propias del contexto a gamificar.

De forma general, nuestro método puede definirse mediante una secuencia básica de actividades. La primera de ellas consiste en identificar el objetivo principal de la tarea que se desea gamificar. La segunda trata de identificar uno o varios objetivos subyacentes al principal que resulten interesantes para las personas. En la tercera actividad hacemos una selección de mecánicas de juego acordes al contexto en el que se esté llevando a cabo el proceso de gamificación. Al mismo tiempo, se determinan los tipos de experiencias interactivas que dan soporte a las mecánicas seleccionadas. Por último, en la cuarta actividad, analizamos la efectividad de la aplicación de la gamificación en base a la diversión, a los indicadores de calidad y a la satisfacción y calidad de servicio. Esta última actividad se enlaza con la identificación del objetivo transversal para la definición de un proceso iterativo (Figura 1). Esta secuencia de actividades propuesta puede repetirse por cada uno de los objetivos o tareas que definan el modelo de negocio concreto en el que se desee llevar a cabo el proceso de gamificación.

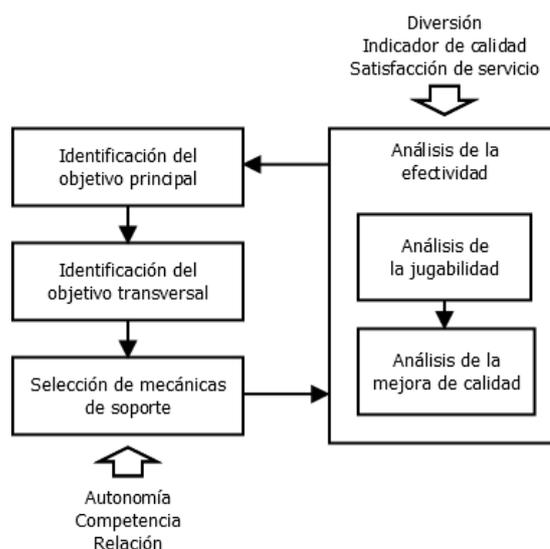


Figura 1. Actividades definidas en el método de análisis y aplicación de la gamificación.

Para realizar un proceso de gamificación efectivo, proponemos realizar las siguientes actividades:

4.1 Identificación del objetivo principal

Normalmente, cualquier tipo de tarea o trabajo que se desee llevar a cabo consta de un objetivo principal que puede ser identificado con claridad. En base a este objetivo, es posible describir una serie de operaciones y planes de ejecución que permitan desarrollar un método sistemático que permita la realización de la tarea en cuestión. Para facilitar este proceso de análisis pueden emplearse diagramas de flujo de trabajo o workflow, diagramas de actividad o técnicas de análisis cognitivo de tareas como HTA [30]. La interpretación de las operaciones que se han de realizar unida a la identificación del objetivo principal de la tarea, proporciona una visión general del contexto en el que se realiza la

actividad, algo que de forma paralela nos ayudará a la hora de generar una convergencia entre el objetivo principal y las motivaciones de las personas haciendo uso de las mecánicas de juego. El objetivo principal permanece inmutable a lo largo del proceso de gamificación.

4.2 Identificación del objetivo transversal

Generalmente, las actividades que se llevan a cabo en cualquier proceso de negocio no son de motivación intrínseca. De forma general, los objetivos que están asociados a estas tareas no se corresponden con el interés general o las necesidades de las personas que participan en el proceso. A la hora de aplicar la gamificación, es de vital importancia identificar uno o varios objetivos transversales al objetivo principal que permitan dotar al proceso de un significado intrínseco para las personas que participan en el desarrollo del mismo. Este objetivo será el que capte el interés de la persona y sobre el que se moldeará un sistema basado en mecánicas de juego que mejore sustancialmente la motivación y el interés del individuo en la realización de la tarea.

4.3 Selección de mecánicas de soporte

Una vez que se ha identificado el objetivo principal de la actividad y los objetivos transversales que resulten interesantes para la persona, se realiza la selección de mecánicas de juego que den soporte a las necesidades de la motivación humana. Las mecánicas que se seleccionen deberán integrarse de forma natural en el contexto en el que se desarrolle el proceso de gamificación y cada una de ellas responderá a alguna de las necesidades psicológicas o sociales que promueven la motivación en las personas. En este sentido es muy importante analizar todos los factores que modelan el contexto en el que se está aplicando la gamificación, ya que cada mecánica de juego que se incorpore a la tarea que se esté gamificando deberá tener un significado intrínseco para los objetivos que se hayan definido y un sentido ligado a los propósitos y motivaciones de la persona.

La selección de mecánicas de soporte vendrá acompañada de la construcción de las experiencias interactivas que den soporte a las mecánicas de juego. Para ello habrá que tener en cuenta el contexto en el que se esté aplicando la gamificación y diseñar e implementar la forma en la que se van a presentar las experiencias interactivas al usuario (por ejemplo, a través de interfaces de usuario, folletos, actividades, programas...). El diseño de las experiencias interactivas no implicará necesariamente la creación de un nuevo sistema o modelo de negocio. En determinados casos será posible llevar a cabo una modificación del software existente o un proceso de refactorización centrado en las mecánicas de soporte. De la misma forma, en determinados contextos podrá realizarse una modificación del flujo de trabajo de las actividades que llevan a cabo con el fin de dar soporte a las mecánicas de juego que se hayan seleccionado.

A continuación mostraremos ejemplos de mecánicas de juego que pueden dar soporte a las necesidades que debemos satisfacer para mantener la motivación intrínseca en un determinado proceso. Para cada una de las mecánicas comentadas se mostrará un ejemplo de funcionamiento general.

4.3.1 Autonomía

Las mecánicas de juego que refuerzan la autonomía son aquellas que permiten llevar a cabo elecciones y no fuerzan al usuario a realizar determinadas acciones. Es importante evitar cualquier tipo

de recompensa que desvíe la motivación interna de la persona hacia una causalidad externa. De la misma forma, se deben evitar los contextos de supervisión y control de las acciones del usuario que disminuyan la percepción de autonomía, ya que al mismo tiempo se estará afectando negativamente a la motivación intrínseca. Algunos ejemplos de este tipo de mecánicas son:

Perfiles. El usuario crea un perfil con su información personal, gustos, preferencias y objetivos.

Avatar. El usuario genera una representación gráfica asociada a su identidad.

Macros. El usuario configura una secuencia de acciones personalizadas.

Interfaz configurable. El usuario configura la interfaz de la aplicación en función de sus gustos y preferencias.

Actividades alternativas. El usuario elige una actividad a realizar entre varias disponibles.

Control de privacidad. El usuario elige qué tipo de información quiere compartir y con quién.

Control de notificaciones. El usuario elige qué tipo de información quiere que se le notifique.

4.3.2 Competencia

La percepción de competencia puede verse favorecida por aquellas mecánicas que permitan al usuario sentirse competente frente al sistema. En este sentido, la realimentación positiva juega un papel muy importante, pero es esencial que éste no se superponga a la percepción de autonomía, puesto que en caso contrario el usuario no se sentirá responsable de las acciones que le han permitido alcanzar esa situación positiva. De la misma forma, es importante ajustar los objetivos de las actividades a las posibilidades de cada usuario, proveyéndolos de retos óptimos que favorezcan la percepción de competencia. Se debe evitar transmitir al usuario cualquier tipo de información negativa, ya que esto repercutirá de forma negativa en su motivación intrínseca. Dentro de este tipo de mecánicas se encuentran:

Realimentación positiva. El usuario realiza una tarea y recibe información positiva sobre el avance en el objetivo principal.

Reto óptimo. El objetivo que plantea una actividad se ajusta de manera óptima a las necesidades y posibilidades del usuario.

Información progresiva. Las funcionalidades del sistema se muestran de forma gradual conforme el usuario va habituándose al uso de la aplicación.

Controles intuitivos. El usuario puede controlar sin problemas cada una de las funciones que le ofrece sistema.

Puntos. El usuario obtiene puntos de forma transparente y como indicador de avance en el objetivo principal.

Niveles. El usuario avanza de nivel al obtener cierto número de puntos como indicador de avance en el objetivo principal.

Clasificaciones. El usuario adquiere una posición en la tabla de clasificación de las personas que comparten los mismos objetivos.

4.3.3 Relación

Relacionarse es otra de las necesidades psicológicas asociadas a la motivación intrínseca. Deben facilitarse mecánicas que den

soporte a la comunicación con otras personas y que permitan representar los lazos sociales que existen entre diferentes individuos. También deben incorporarse al sistema mecánicas que permitan al usuario tanto expresar sus ideas como influenciar a otras personas. Entre las mecánicas que se pueden usar para favorecer dicha necesidad están:

Grupos. El usuario participa en grupo en alguna de las tareas a realizar.

Mensajes. El usuario recibe o envía información sobre las tareas realizadas o los objetivos alcanzados.

Blogs. El usuario o la empresa publican información sobre retos, puntuaciones u objetivos alcanzados o propuestos.

Conexión con las redes sociales. Se comparte información sobre los logros, retos, puntuaciones o clasificaciones en redes sociales.

Chat. El usuario conversa con otras personas con las que ha mantenido relaciones propiciadas por la empresa. Por ejemplo, clientes que han alcanzado un mismo nivel en alguna actividad o que han superado un mismo reto.

4.4 Análisis de la efectividad

El análisis de la efectividad del proceso de gamificación debe realizarse desde dos puntos de vista diferentes.

En primer lugar, debemos evaluar si la aplicación de la gamificación genera tareas divertidas a través de la integración con las mecánicas de juego que se han definido en el sistema. Este aspecto es muy importante, ya que constituye la base de la motivación que se pretende conseguir con la gamificación.

En nuestra propuesta, esta evaluación estará basada en el análisis de las métricas asociadas a la propiedad de jugabilidad, definidas por J. L. González [13]. Cada una de estas métricas se enfoca en una visión concreta del juego y permite medir la experiencia del jugador durante el proceso de interacción con el sistema. Por otra parte, estas métricas se centran en la evaluación de la jugabilidad en base a la culminación de objetivos, algo que está en concordancia con el método de análisis y aplicación de la gamificación que hemos propuesto. El análisis de la diversión de la gamificación en base a las métricas asociadas a la jugabilidad se llevará a cabo a través de test de usuarios mediante la realización de cuestionarios y test de usuarios junto a métricas específicas o realizando una evaluación heurística mediante expertos, todo ello sobre los procesos gamificados y las mecánicas aplicadas.

En segundo lugar, es necesario analizar si el proceso de gamificación ha generado una mejora en la obtención de resultados que satisfagan los objetivos de las actividades (incremento productivo de las tareas, aumento del número de clientes, aumento de la fidelización de los clientes...). Para realizar este tipo de evaluación emplearemos un modelo de calidad de servicios y analizaremos los parámetros de calidad que previamente se hayan fijado, realizando una comparación entre los valores obtenidos con anterioridad al proceso de gamificación y los resultados que se han logrado una vez que se ha aplicado la gamificación. Esto nos permitirá concretar hasta qué punto ha sido efectiva la gamificación y si realmente la aplicación de mecánicas de juego se han traducido en una mejora de la motivación de las personas reflejada en la culminación de objetivos asociados a las tareas.

4.4.1 Análisis de la diversión

Uno de los conceptos que debemos de tener en cuenta a la hora de evaluar la efectividad de la gamificación es la diversión. Los videojuegos se diseñan para divertir a las personas y es precisamente en ello donde recae su capacidad de motivación. La gamificación se sitúa en un nivel mucho más granular que el de los videojuegos, pero de igual forma, es necesario que el proceso que se genera después de aplicar la gamificación resulte divertido para el usuario. Las mecánicas de juego asociadas a las motivaciones humanas representan únicamente la estructura sobre la que ha de asentarse la diversión. La confluencia de las mecánicas de soporte y la diversión es necesaria para lograr que la gamificación sea efectiva.

El análisis de la jugabilidad, definida como el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado [13], puede ayudarnos a la hora de determinar el grado de diversión que presenta un sistema en el que se ha llevado a cabo un proceso de gamificación. La jugabilidad puede caracterizarse en base a una serie de atributos ya presentes en el concepto usabilidad, pero que adquieren matices diferentes en los videojuegos, complementándose con otros atributos que en conjunto tratan de caracterizar la experiencia del jugador. Estos atributos son:

Satisfacción. Agrado o complacencia del jugador ante el videojuego y el proceso de jugarlo.

Aprendizaje. Facilidad para comprender y dominar el sistema y la mecánica del videojuego (objetivos, reglas y formas de interactuar con el videojuego).

Efectividad. Tiempo y recursos necesarios para ofrecer diversión al jugador mientras éste logra los objetivos propuestos en el videojuego y alcanza la meta final de éste.

Inmersión. Capacidad para creerse lo que se juega e integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego.

Motivación. Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y a persistir en ellas para su culminación.

Emoción. Impulso involuntario originado como respuesta a los estímulos del videojuego, que induce sentimientos y que desencadena conductas de reacción automática.

Socialización. Atributos que hacen apreciar el videojuego de distinta manera al jugarlo en compañía (multijugador), ya sea de manera competitiva, colaborativa o cooperativa.

Para llevar a cabo este análisis, nos basaremos en las métricas asociadas a las propiedades de la jugabilidad [13], sobre las que llevaremos a cabo una modificación con la intención de adaptarlas al análisis de la gamificación.

4.4.2 Selección del indicador de calidad

El indicador de calidad nos permitirá evaluar la efectividad que ha mostrado la gamificación de un determinado proceso. Por norma general, en cualquier actividad puede cuantificarse un parámetro que permita evaluar el grado de satisfacción logrado y la calidad global que se ha alcanzado al finalizar el proceso.

El resultado de la selección del indicador de calidad estará ligado a la definición del objetivo que se ha realizado así como al contexto en el que se desee aplicar la gamificación. Existen contextos en los que el indicador puede ser fácilmente

identificable, como podría ser el caso de un sistema de apoyo a la docencia en el que cada persona posee una calificación relacionada con su rendimiento académico. El indicador de calidad deberá ser analizado con anterioridad al proceso de gamificación de forma que pueda realizarse una comparación posterior con los datos que se obtengan una vez que se apliquen las mecánicas de juego.

4.4.3 Satisfacción y calidad de servicio

Desde el punto de vista del marketing de servicios, la gamificación puede definirse como una forma de empaquetamiento de servicios en la que un servicio básico es mejorado usando un sistema de servicios basado en reglas que proporcionan retroalimentación y mecanismos de interacción al usuario [18]. Esta definición aporta una visión bastante interesante al considerar que el servicio gamificado no es aquel que proporciona al usuario mecanismos de interacción y retroalimentación, sino aquel que ve mejorado su servicio gracias a dichos mecanismos. Por otra parte, esta definición no tiene en cuenta la naturaleza del servicio básico, lo que significa que un videojuego podría ser gamificado para la creación de lo que llamaríamos un meta-videojuego.

Partiendo de esta idea, podríamos llevar a cabo el análisis de la mejora de calidad que ha supuesto la aplicación de un proceso de gamificación en un servicio en base a un modelo de calidad de servicio. A partir de este modelo, podremos determinar si, como causa directa de la motivación intrínseca, se ha producido un incremento en el alcance de objetivos asociados a las tareas y si la calidad global del servicio se ha visto incrementada. Un modelo de calidad de servicio que puede resultar especialmente interesante para analizar la gamificación, es el propuesto por el profesor Richard L. Oliver de la Universidad Vanderbilt [24], posteriormente modificado por Richard A. Spreng y Robert D. Mackoy [31]. Este modelo trata de integrar la satisfacción del cliente y la calidad del servicio, definiendo las entidades que repercuten en su valor (Figura 2).

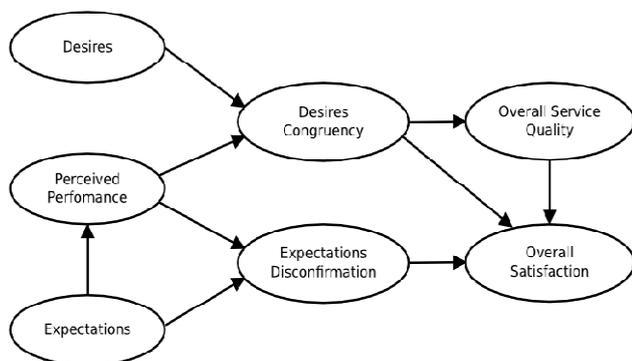


Figura 2. Modelo de Calidad de Servicio y Satisfacción modificado.

La calidad del servicio quedaría determinada por la comparación de las ideas que tiene la persona acerca del servicio y el rendimiento que ha obtenido al usarlo, mientras que la satisfacción se definiría en base a la comparación de las expectativas e ideas que tenía el cliente sobre el servicio y las expectativas e ideas que no se han cumplido. Las expectativas del cliente también influirían sobre el rendimiento que se percibe al usar el servicio [31]. La medición del grado de satisfacción y de calidad del servicio se realizaría a través de cuestionarios relativos

a cada una de las entidades que se definen en el modelo. Los cuestionarios relacionados con las expectativas y las ideas deben hacerse con anterioridad al uso del servicio por parte del cliente. El resto de entidades se evaluarán empleando el mismo método una vez que el cliente haya terminado de usar el servicio. Por último, se aplicará un modelo de análisis factorial para obtener los resultados relativos a las entidades y sus correlaciones.

Este proceso deberá realizarse tanto antes de aplicar la gamificación como después, para poder realizar la comparación de los resultados obtenidos y dictaminar si la satisfacción del servicio y su calidad se han visto incrementadas gracias a la gamificación.

La finalidad que se persigue con el proceso de análisis es retroalimentar a las actividades de identificación de objetivos transversales y selección de mecánicas de soporte, de forma que puedan establecerse objetivos transversales y mecánicas de juego que se ajusten de manera óptima a los objetivos de las tareas en las que se esté aplicando la gamificación.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Vamos a realizar un ejemplo de aplicación del método propuesto en un caso concreto. Llevaremos a cabo un proceso de gamificación de un sistema de entrenamiento personal para un gimnasio. El sistema de entrenamiento personal estará basado en una aplicación para dispositivos móviles. Permitirá al usuario desarrollar un plan de entrenamiento ajustado a los objetivos y capacidades de la persona. A través de las mecánicas de juego se tratará de mejorar la motivación de forma que el entrenamiento resulte más atractivo.

5.1 Identificación del objetivo principal

El objetivo principal de este proceso de negocio es mantener durante el mayor tiempo posible al mayor número de clientes procurando que el entrenamiento sea una actividad más atractiva.

5.2 Identificación del objetivo transversal

En este caso, el objetivo transversal se corresponde directamente con los objetivos de la persona que se registró en el gimnasio. La aplicación deberá tener en cuenta la condición física de cada persona así como los objetivos que desea alcanzar (perder peso, ganar masa muscular, adquirir mayor resistencia física...) y generará un plan de entrenamiento óptimo para cada usuario.

5.3 Selección de mecánicas de soporte

En la aplicación se deberán incorporar diferentes mecánicas de juego que den soporte a las necesidades de la motivación de las personas. A continuación mostraremos los ejemplos de dinámicas que podemos aplicar a nuestro caso.

5.3.1 Autonomía

Perfiles. El usuario indica su fecha de nacimiento, sus deportes favoritos y sus objetivos en el gimnasio.

Avatar. El usuario crea un personaje que se asemeja físicamente a él y elige una vestimenta casual.

Macros. El usuario llega al gimnasio y ejecuta la macro de llegada, la cual publica su localización en Twitter, selecciona el perfil silencio del móvil y activa el reproductor de música con la lista de canciones para el entrenamiento.

Interfaz configurable. El usuario configura la interfaz de la aplicación para que se le muestre la hora actual, el tipo de entrenamiento que está realizando, el tiempo restante para la finalización del entrenamiento y el feedback de Twitter.

Actividades alternativas. El usuario elige uno de los ejercicios disponibles para el entrenamiento de los abdominales superiores.

Control de privacidad. El usuario establece como privada la fecha de nacimiento de su perfil y su posición en la tabla de clasificación general del gimnasio.

Control de notificaciones. El usuario desactiva las notificaciones de mensajes enviados por otros miembros del gimnasio.

5.3.2 Competencia

Realimentación positiva. El usuario finaliza un ejercicio de forma satisfactoria y se le notifica su avance.

Reto óptimo. El usuario acaba de empezar en el gimnasio, su condición física es baja y se sugiere un plan de entrenamiento que incluya ejercicios con pocas repeticiones.

Información progresiva. Después de dos semanas de uso, el sistema muestra al usuario información sobre la creación de macros.

Controles intuitivos. El usuario selecciona el plan de entrenamiento y comparte información en las redes sociales sin ninguna dificultad.

Puntos. El usuario finaliza un ejercicio de forma satisfactoria y se registran puntos para cuantificar su avance.

Niveles. El usuario finaliza un plan de entrenamiento de forma satisfactoria y sube de nivel como indicador de progreso.

Clasificaciones. El usuario obtiene una posición (en la tabla de clasificación) relativa al avance en el objetivo principal.

5.3.3 Relación

Grupos. El usuario se une al grupo de corredores de fondo. El gimnasio les ha propuesto un reto grupal del que el usuario va a participar.

Mensajes. El gimnasio envía una notificación al usuario indicándole que ha faltado a una sesión de gimnasia y le indica que actividades debe hacer en casa para sustituirla.

Blogs. El usuario crea una nueva entrada en su blog del gimnasio, en el que recomienda una serie de ejercicios efectivos para el entrenamiento del tren inferior.

Conexión con las redes sociales. El usuario comparte en Facebook su último plan de entrenamiento y el gimnasio informa que está en el puesto tercero en el ranking de pérdida de peso de la semana.

Chat. El usuario conversa con otro miembro del gimnasio a través del chat, el gimnasio le da información sobre los miembros que tienen sus mismos intereses y niveles parecidos.

5.4 Análisis de la efectividad

Para realizar el análisis de la efectividad de la gamificación en el gimnasio, debemos determinar, en primer lugar, si la aplicación que se ha desarrollado es divertida para el usuario y en segundo, si se ha conseguido aumentar el nivel de motivación en los clientes a través de las mecánicas de juego. De la misma forma,

debemos comprobar si la aplicación del proceso de la gamificación se ha traducido en una mejora de servicios y satisfacción del cliente.

5.4.1 Análisis de la diversión

El análisis de la diversión se llevará a cabo mediante la realización de tests de evaluación heurística a partir de las métricas asociadas a las propiedades de la jugabilidad y a través de la realización de tests de usuarios que serán distribuidos entre los miembros del gimnasio.

5.4.2 Selección del indicador de calidad

Al igual que en la identificación del objetivo transversal, la selección del indicador de calidad se encuentra estrechamente relacionada con los objetivos de la persona. En nuestro caso, si el objetivo del usuario es perder peso, el indicador de calidad puede identificarse claramente como el peso de la persona en kilogramos. El seguimiento del control del peso del cliente simplifica la comparación de los resultados actuales con los anteriores al proceso de gamificación.

5.4.3 Satisfacción y calidad de servicio

Para determinar el grado de satisfacción y de calidad de servicio, se realizarán cuestionarios que analicen los deseos, ideas y expectativas del cliente antes y después del proceso de gamificación. Estos tests se distribuirán entre los miembros del gimnasio y posteriormente se llevará a cabo la aplicación de un modelo de análisis factorial con la intención de recabar la información deseada.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A lo largo de este trabajo se ha presentado un método de análisis y aplicación de la gamificación en base a la teoría de la autodeterminación. Se ha propuesto un método compuesto por varias actividades que describen un procedimiento de análisis y selección de objetivos, identificación de contexto, selección de mecánicas de juego y análisis de la efectividad de los procesos de gamificación. Se ha mostrado como es posible motivar intrínsecamente a las personas a través de mecánicas de juego que favorezcan la percepción de autonomía, competencia y relación. De la misma forma, se han determinado las características que deben cumplir las mecánicas de juego para satisfacer las necesidades de la motivación de los individuos, destacándose al mismo tiempo que la motivación intrínseca precisa de la participación libre de las personas en actividades interesantes que proporcionen retos óptimos y novedosos.

Por otra parte, se ha propuesto abordar el análisis de la efectividad de la gamificación desde dos puntos de vista diferentes. El primero de ellos, desde el punto de vista de la diversión y empleando las métricas asociadas a las propiedades de la jugabilidad. El segundo, desde el punto de vista de la mejora de la efectividad de los servicios, empleando indicadores de calidad y un modelo de calidad de servicios.

Finalmente, se ha ejemplificado la aplicación del método en la creación de un sistema de entrenamiento personal para un gimnasio, mostrándose ejemplos de mecánicas que pueden ser favorables para incrementar la motivación intrínseca de los clientes.

Actualmente trabajamos en el desarrollo de métodos de evaluación heurística para el análisis de la efectividad de la gamificación, estamos adaptando las métricas de análisis de la jugabilidad a la gamificación y nos encontramos realizando ensayos de aplicación del método propuesto en casos reales.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España como parte del Proyecto VIDECO (TIN2011-26928).

8. REFERENCIAS

- [1] Brewer, Robert S. and Lee, George E. and Xu, Yongwen and Desiato, Caterina and Katchuck, Michelle and Johnson, Philip M. Lights Off. Game On. The Kukui Cup: A Dorm Energy Competition. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [2] Carroll, John M. and Thomas, John C. Fun. *SIGCHI Bulletin*, 19(3):21-24, January 1988.
- [3] Csíkszentmihályi, Mihály. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial Modern Classics, 2008.
- [4] Deci, E. L. and Ryan, R. M. The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4):227-268, 2000.
- [5] Deci, E.L. and Koestner, R. and Ryan, R.M. A Meta-Analytic Review of Experiments Examining the Effects of Extrinsic Rewards on Intrinsic Motivation. *Psychological bulletin*, 125(6):627, 1999.
- [6] Deterding, S. and Sicart, M. and Nacke, L. and O’Hara, K. and Dixon, D. Gamification: Using Game-Design Elements in Non-Gameing Contexts. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [7] Deterding, Sebastian and Khaled, Rilla and Nacke, Lennart E. and Dixon, Dan. Gamification: Toward a Definition. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [8] Eric Berne. *Games People Play: The Psychology of Human Relationships*. Penguin Books Ltd, 2010.
- [9] Forbes. Factbox: A look at the \$65 billion video games industry, June 2011.
- [10] Gabe Zichermann. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O’Reilly Media, 2011.
- [11] Gabe Zichermann and Joselin Linder. *Game-Based Marketing: Inspire Customer Loyalty Through Rewards, Challenges, and Contests*. John Wiley & Sons Ltd., 2010.
- [12] Gerling, Kathrin M. and Masuch, Maic. Exploring the Potential of Gamification Among Frail Elderly Persons. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [13] González Sánchez, J. L. *Jugabilidad: Caracterización De La Experiencia Del Jugador En Videojuegos*. PhD thesis, Universidad de Granada, July 2010.
- [14] González Sánchez, J. L. and Cabrera, M. and Gutiérrez, F. L. Videojuegos aplicados a la Educación Especial. In *Proceedings of the III Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (INTERACCION 2007)*, pages 35-45, September 2007.
- [15] Inbar, Ohad and Tractinsky, Noam and Tsimhoni, Omer and Seder, Thomas. Driving the Scoreboard: Motivating Eco-Driving Through In-Car Gaming. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [16] Jesper Juul. *Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*. The MIT Press, 2005.
- [17] Johan Huizinga. *Homo ludens*. Alianza Editorial, 2007.
- [18] Kai Huotari and Juho Hamari. Gamification from the perspective of service marketing. In *Proceedings of the CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non Game Contexts*. ACM, May 2011.
- [19] Lazzaro, N. Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story. *Design*, 18:1-8, 2005.
- [20] Lee, J.J. and Hammer, J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2):146, 2011.
- [21] Malone, Thomas W. What makes things fun to learn? : A study of intrinsically motivating computer games. Xerox, Palo Alto Research Center, 1980.
- [22] Malone, Thomas W. *Human factors in computer systems*, chapter Heuristics for designing enjoyable user interfaces: lessons from computer games, pages 1-12. Ablex Publishing Corp., 1984.
- [23] McGonigal, Jane. *Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. Penguin Pr, 2011.
- [24] Oliver, R.L. A conceptual model of service quality and service satisfaction: compatible goals, different concepts. *Advances in services marketing and management*, 1993.
- [25] Pink, D.H. *Drive: The Surprising Truth About What Motivates Us*. Canongate, 2010.
- [26] Reeves B. and Read J. L. *Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete*. Harvard Business Press, 2009.
- [27] Ryan, R. M. and Deci, E. L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1):68-78, 2000.
- [28] Ryan, R.M. and Rigby, C.S. and Przybylski, A. The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4):344-360, 2006.
- [29] Schell J. Dice 2010. In *Design Outside the Box*, 2010. Conference available at: <http://www.g4tv.com/videos/44277/dice-2010-design-outside-the-box-presentation>
- [30] Shepherd, A. HTA as a framework for task analysis. *Ergonomics*, 41(11):1537-1552, 1998.
- [31] Spreng, R.A. and Mackoy, R.D. An empirical examination of a model of perceived service quality and satisfaction. *Journal of retailing*, 72(2):201-214, 1996.

Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos. El caso particular de los Niños.

Natalia Padilla-Zea
Universidad de Granada
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n. 18071. Granada
Tlf.: +34958241717
npadilla@ugr.es

José Luís González Sánchez
Universidad de Granada
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n. 18071. Granada
Tlf.: +34958242812
joseluisgs@ugr.es

Francisco L. Gutiérrez Vela
Universidad de Granada
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n. 18071. Granada
Tlf.: +34958242812
fgutierr@ugr.es

Ana Abad-Arranz
Universidad de Granada
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n. 18071. Granada
Tlf.: +34958249388
ana.abadarranz@gmail.com

José Rafael López-Arcos
Universidad de Granada
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n. 18071. Granada
Tlf.: +34958249388
jrlarco@gmail.com

ABSTRACT

La evaluación de videojuegos con niños pequeños presenta ciertas particularidades que hacen que las técnicas utilizadas para adultos no sean del todo válidas. En este trabajo partimos de la idea de que el análisis de las emociones que provoca un juego es muy importante para analizar su efectividad: para divertir y también para educar en el caso de videojuegos educativos. Por este motivo, aunque existen métodos para analizar las emociones que un videojuego provoca en el jugador, es necesario hacer cambios en los mismos para que puedan utilizarse con jugadores de entre 3 y 5 años, rango de edades en el que nos centramos en este trabajo. Aunque el método presentado sigue la estructura clásica de pre-test, test y post-test, las actividades que se realizan en cada una de estas fases se han modificado para, por una parte, no incluir elementos que necesiten la capacidad lecto-escritora, inaccesible en esta franja de edad y, por otra, limitar el impacto emocional que pueden sufrir los niños al ser conscientes de que están siendo evaluados. Para comprobar la validez del proceso de evaluación, se ha realizado un estudio sobre 39 niños de 3 y 4 años con el juego "La aventura de Ato", del que se han obtenido, además, resultados para la última fase del desarrollo de dicho juego.

Categories and Subject Descriptors

H5 m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

General Terms

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Videojuegos educativos, evaluación de emociones, evaluación en

niños.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace ya algunos años, la tecnología móvil y sus paradigmas de interacción (interacción táctil, realidad aumentada,...) han experimentado un crecimiento exponencial que ha permitido que este tipo de dispositivos estén presentes cada vez más en nuestras vidas. En particular, la hegemonía de los dispositivos móviles de Apple (iPod, iPhone y iPad) y la posibilidad de distribuir aplicaciones usando el App Store, han provocado la aparición de un sinfín de programas para todas las edades. En especial, son relevantes las numerosas aplicaciones que han aparecido en el ámbito de los juegos para niños y, concretamente, los juegos con vocación educativa.

Desde que se postuló la teoría de nativos e inmigrantes digitales [1], e incluso antes, los niños han manejado los dispositivos tecnológicos con una facilidad que, a priori, podría parecer "pasmosa". En el caso de los dispositivos móviles, este fenómeno sigue ocurriendo: al igual que hace un tiempo los niños jugaban con los teléfonos móviles de sus padres, ahora lo hacen con los juegos que éstos tienen instalados en sus dispositivos móviles.

La utilización de los videojuegos como herramienta de aprendizaje es una de las técnicas que se están usando para aumentar la motivación de los alumnos. Pero no en todos los casos se alcanzan los niveles de efectividad esperados. Por ello, el proceso de análisis de los videojuegos educativos debe incluir un estudio serio sobre la diversión que provocan, ya que es el parámetro más importante en el incremento de la motivación que originan. En trabajos anteriores, hemos propuesto medidas para evaluar la jugabilidad de los videojuegos [2]. Sin embargo, la caracterización de la jugabilidad en videojuegos educativos requiere incluir algunos matices, ya que la diversión que el jugador experimenta está inmersa en un conjunto de procesos de aprendizaje que actúan sobre la diversión y que, por tanto, promueven la motivación necesaria para aprender. Esto es lo que hemos denominado *jugabilidad educativa* [3].

Sin embargo, diversos trabajos que hemos realizado en el ámbito del diseño de videojuegos educativos nos han hecho plantearnos algunas cuestiones: gran parte de estos trabajos están relacionados con el desarrollo de la grafo-motricidad en alumnos entre 3 y 5

años, de tal forma que estas actividades se han incluido dentro de una historia presente en el juego en la que los alumnos están inmersos. Debido a la corta edad de los estudiantes, la aplicación de algunas de las métricas de la caracterización de la jugabilidad nos resulta difícil, principalmente, porque la mayor parte de estos alumnos no saben leer ni escribir todavía y tampoco han desarrollado las habilidades necesarias para graduar su opinión en cuanto a una afirmación referente a su experiencia de juego. Por este motivo, nos planteamos alternativas que puedan ayudarnos a evaluar el juego y su capacidad educativa en estudiantes tan pequeños.

El resto del trabajo se estructura como sigue: en la sección 2 presentamos algunos trabajos relacionados con la evaluación de emociones en videojuegos. En el apartado 3 se presenta el concepto de jugabilidad educativa. A continuación, en el apartado 4, se explican algunas de las particularidades que hacen a los niños jugadores especiales, y un conjunto de guías de diseño que toman en consideración dichas particularidades. En el apartado 5 se presenta el método de análisis propuesto. En el apartado 6 se muestra cómo éste se ha aplicado al diseño del videojuego “La aventura de Ato”, así como los resultados obtenidos de la experiencia. Finalmente, en el apartado 7, se incluyen las conclusiones obtenidas y los trabajos futuros.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Evaluar la experiencia del jugador en un videojuego educativo es difícil, por lo que los videojuegos usados en las aulas pueden no incorporar las características deseables para favorecer el proceso motivacional y, por tanto, educativo, que cabría esperar. Y, lo que es peor, esto puede provocar que los alumnos a los que va dirigido el juego lo rechacen, por lo que cualquier beneficio potencial que pudiera incorporar queda anulado.

En [4][5] encontramos algunas de las técnicas características de la evaluación de productos interactivos con usuarios y niños, derivadas del conocimiento previo de técnicas procedentes de campos como la usabilidad o la calidad en uso. En la Tabla 1, resumimos algunas de estas técnicas, analizando sus ventajas e inconvenientes para su aplicación con niños.

Tabla 1 Resumen de métodos existentes

Método	Pros (+) / Contras(-)
<i>Observación Pasiva (estructurada)</i> Registro de comportamiento sobre casos predeterminados	(+) El niño no está presionado por la evaluación (+) Descubren problemas inesperados (-) Estructura conduce resultados fiables
<i>Observación Pasiva (no estructurada)</i> Registro del proceso de interacción con el producto	(-) Aparecen problemas que pueden pasar desapercibidos (-) Datos difíciles de analizar.
<i>Think-aloud (Pensamiento en voz alta):</i> concurrente, retrospectiva o cartas Expresar libremente sus pensamientos sobre la experiencia interactiva	(+) Facilidad para expresar cuestiones hedónicas (+) Tarjetas cómodas y agradables para los niños. (+) Situación social agradable. (+) Se puede guiar al niño a donde se desea encontrar información
<i>Método Conductor:</i> activas, post-tarea o automáticas Se guía al usuario en la dirección correcta mientras	(-) Puede ser exigente cognitivamente (-) Las respuestas a veces no se centran en el proceso interactivo.

interactúa con el sistema.	
<i>Mago de Oz</i> Se simula parte del sistema para recoger opinión del usuario	(+) Evalúa algo no terminado (-) Necesidad de una persona que conozca todo el sistema
<i>Cuestionarios</i> Lista de preguntas con la finalidad de analizar la experiencia interactiva	(+) Obtener gran cantidad de datos del conjunto de usuarios a la vez (+) Permite un debate en profundidad con cada participante.
<i>Entrevistas</i> Conversación donde se responden a una serie de cuestiones sobre el proceso interactivo	(+) Ofrecen gran capacidad para la obtención de datos cualitativos (+) Ahonda en factores más profundos de la experiencia del usuario (satisfacción, impacto emocional)
<i>Focus Group</i> Se recoge información a partir de un grupo mediante una conversación moderada	(-) Los niños no son muy fiables y seguros al contestar las preguntas. (-) Laborioso, y los datos más difíciles de analizar.
<i>Métodos basados en Heurísticas</i> El experto evaluador comprueba si la experiencia interactiva es correcta según una reglas	(+) Permite la evaluación cuando la participación de los niños es difícil. (+) Pueden obtener mucha información con poco número de expertos (+) Validos para la evaluación temprana de prototipos (-) No indagan aspectos hedónicos (-) Pueden mostrar problemas que no existen y se puede perder los problemas que realmente si están (-) Un experto no puede saber lo que siente al interactuar un niño (-) Dificultad de encontrar expertos para cada tipo de juegos existente y aplicables en el aula
<i>Métodos basados en Recorridos</i> Se realiza una revisión detallada de todas las acciones al proceso interactivo	

Por otra parte, aunque existen trabajos que evalúan las emociones del jugador cuando utiliza un videojuego [6], su uso en videojuegos educativos puede requerir algunas adaptaciones. Algunos autores han estudiado los principales problemas que dan lugar al fracaso de los videojuegos educativos [4][5], que se resumen en cuatro puntos:

- Los videojuegos educativos no están diseñados ni testeados por niños, sus principales usuarios, lo que hace que pierdan eficacia como herramienta educativa al no potenciar las mejores experiencias del usuario al jugarlo.
- La mayoría de los videojuegos educativos son meras unidades didácticas multimedia, lo que resta interés para el niño y provocan la pérdida de la esencia de juego, disminuye la calidad de la experiencia y su efectividad.
- Los dispositivos donde se implementan este tipo de videojuegos son elementos poco atractivos para los niños y alejados de los verdaderos dispositivos de juego reales.
- A medida que la edad disminuye incrementan los problemas de la evaluación por la dificultad subyacente de adaptar las técnicas habituales de evaluación al perfil del usuario.

Es por ello que existe la necesidad de encontrar una metodología o conjunto de técnicas que nos ayuden a asegurar y analizar la experiencia del usuario en este tipo de productos.

3. EVALUACIÓN DE LA JUGABILIDAD

El principal argumento que sustenta la propuesta de utilizar videojuegos como herramienta educativa es la motivación que éstos provocan en los alumnos debido a su componente de diversión. Debido a las características propias de los videojuegos educativos, se propuso el concepto de jugabilidad educativa [3], que no sólo considera los aspectos de diversión experimentados en el juego, sino que tiene en cuenta el aspecto educativo del mismo. Así, definimos jugabilidad educativa como el *conjunto de propiedades que describe la experiencia del jugador en el juego, cuyos principales objetivos son proporcionar diversión y aprendizaje en un contexto jugable y educativo durante todo el tiempo de juego*. Los conceptos de Jugabilidad y Jugabilidad Educativa comparten un conjunto de atributos que hacen referencia a la parte lúdica del videojuego: satisfacción, aprendizaje, efectividad, inmersión, motivación, emoción y socialización. Sin embargo, en el caso de videojuegos educativos, aparece un elemento importante que también es necesario caracterizar dentro de la jugabilidad educativa, que es el balanceo de contenidos, es decir, la capacidad del juego de incluir el contenido educativo en la historia y retos del juego para que el jugador no perciba que está aprendiendo, sino jugando. Así, la jugabilidad educativa añade dos atributos que se centran en la componente educativa y en su relación con los aspectos propios del juego: soportabilidad y educabilidad.

En experiencias anteriores, estos atributos se han medido utilizando cuestionarios y métricas propias [14]. Sin embargo, cuando intentamos analizar la propiedad de jugabilidad educativa en videojuegos para niños pequeños, nos encontramos con el problema de que la mayor parte ellos son difícilmente medibles en este caso. Incluso, algunos perderían su sentido o importancia en este contexto. Por este motivo, en este trabajo nos hemos centrado en el atributo de emoción que, a nuestro juicio, es el más importante para promover la motivación, sobre todo en los niños.

4. DISEÑAR PARA NIÑOS

Como se ha comentado en las secciones anteriores, diseñar videojuegos educativos para niños pequeños requiere tomar en consideración algunas restricciones derivadas de su incipiente desarrollo. Desde distintos ámbitos, se está prestando atención a cuestiones relacionadas con las diferentes características de los usuarios de los sistemas interactivos y, en particular, de los videojuegos educativos. Para nosotros, es de especial interés fijar qué aspectos varían en cada rango de edades (intereses, contexto, habilidades...), de tal forma que podamos adaptar un método de evaluación a los usuarios a quienes van dirigidos los juegos. Así, hemos partido de la clasificación que se realiza en [7], referenciada en [8]. En este estudio, se distinguen cuatro grupos de edades: 0-2, 3-7, 8-12 y 13 en adelante. Para este trabajo, nuestro grupo de interés se centra en el rango de 3 a 7 años, en especial, entre 3 y 5 años. En esta etapa, los niños disfrutan con la fantasía y la magia y todavía no juegan en grupo, por lo que las actividades deberán tener una componente individual fuerte. Tienen necesidad de sentirse estimulados, queridos y seguros, aunque a medida que crecen comienzan a desarrollar necesidad de autonomía. Manejan conceptos sencillos y comienzan a aprender a escribir algunas letras alrededor de los 4 años. Su vocabulario hablado es ya más amplio y aprenden a usar frases más complejas (“y”, “porque”...). En cuanto al diseño de los juegos, es deseable que se desarrollen en mundos de fantasía, donde los niños tengan que buscar elementos que les permitan alcanzar un objetivo final a

la vez que aprenden habilidades lingüísticas, motoras,... Debido a las limitaciones de comunicación (lecto-escriptoras) del grupo al que nos dirigimos, tanto la información del juego como los tests que se realicen deben utilizar símbolos y animaciones, evitando el uso de palabras. Algunas de las recomendaciones que hemos encontrado primordiales para un buen diseño de videojuegos en esta edad son:

- La realimentación adecuada y coherente es fundamental para que el niño sea capaz de avanzar en el juego. El juego debe comportarse de forma similar ante actuaciones similares para que el niño sea capaz de comprender su funcionamiento.
- Hay que hacer al niño participe de que las cosas están pasando. Si el niño no ve lo que pasa, asume que no pasa nada.
- Evitar tiempos de espera. Si una aplicación tarda en cargar más de unos pocos segundos, el niño pensará que no funciona. Es necesario incluir otras actividades o distracciones que no hagan reparar al niño en que está esperando.
- El niño no necesita una pantalla para hacer configuraciones: limitar el acceso a adultos para evitar que la aplicación funcione mal.
- La curiosidad del niño le hará explorar todas las opciones que tenga a su alcance, por lo que hay que limitar el acceso sólo a las opciones que queremos.
- Las instrucciones deben estar adaptadas a la edad de los alumnos. Esto es especialmente importante en el rango de edad en el que nos centramos (3 a 5 años), ya que su capacidad lectora es limitada. Se prefieren iconos gráficos e instrucciones orales, permitiendo repetir la explicación si es necesario.

Aunque los trabajos actuales sobre motivación argumentan que es mejor fomentar la motivación intrínseca [9][10] durante las diferentes actividades de la vida (trabajo, educación, ocio, ...), en el caso de niños tan pequeños pensamos que el uso de recursos externos puede favorecer mejor la motivación ya que no están suficientemente maduros para poner en práctica procesos complejos de autodeterminación.

5. MÉTODO DE ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS EMOCIONES EN NIÑOS

Como se comentó anteriormente, las habilidades de los niños entre 3 y 5 años están aún limitadas, por lo que no es posible graduar en una escala las sensaciones y emociones que han sentido durante el juego debido a la complejidad para discernir entre distintos adjetivos o puntuaciones. En consecuencia, las tradicionales escalas de Likert no son una opción. Además, existen otras limitaciones relacionadas con el desarrollo psicológico de los niños, que deben ser tenidas en cuenta durante la realización de tests, como son: se deben realizar en entornos conocidos (por ejemplo, su clase), en compañía de personas de su confianza (por ejemplo, padres o maestros), utilizando un vocabulario adaptado a la comprensión del niño y con dispositivos con los que estén familiarizados, lo que puede provocar una necesidad de entrenamiento previo.

Teniendo en cuenta lo anterior, nuestra propuesta de evaluación se dividirá en: Pre-Test, Test y Post-Test. Los resultados se documentarán siguiendo el estándar CIF (SQuARE)- Common Industry Format) ISO/IEC 25062 (2006). A modo de resumen de

las actividades que se proponen en el método de evaluación se incluye la Tabla 2.

Tabla 2 Método de evaluación de emociones en niños

Fase	Actividad	Actor
Pre-Test	Realización del perfil	Evaluador
	Selección de sujetos	Evaluador + Maestro
	Evaluación educativa	Maestro
Test	Jugar	Niños
	Observar	Evaluador o grabación
Post-Test	Evaluación emocional	Evaluador
	Evaluación educativa	Maestro

5.1 Fase de Pre-test

Tiene como objetivo escoger el perfil del jugador que se va a estudiar y seleccionar aquellos niños que cumplen dicho perfil. Para determinar el perfil del jugador habrá que indicar la edad de los jugadores a los que va dirigido el videojuego, sexo objetivo (si hay alguno), experiencia previa con dispositivos similares y, también, cuestiones relacionadas con el nivel educativo en que se encuentran los alumnos (esto último dependerá del contenido educativo que se incluye en el videojuego). La participación de los docentes es fundamental, ya que serán ellos quienes nos guíen en la identificación de restricciones educativas y de los sujetos más interesantes para realización de la prueba, además de actuar como facilitadores en el proceso de test con los usuarios.

En particular, en esta fase, proponemos realizar dos tareas:

- Selección de sujetos de análisis: Aunque se cuente con un número mayor de alumnos en el aula, será necesario eliminar del grupo de análisis aquellos que introduzcan algún tipo de sesgo. Son, por ejemplo, alumnos con alguna discapacidad o que dominan el juego con el que vamos a realizar las pruebas.
- Evaluación del conocimiento previo que tienen los alumnos respecto a los contenidos educativos incluidos en el juego. Si el contenido educativo incluido en el juego ya se ha practicado en clase, el maestro de los niños puede facilitarnos el estado actual de cada uno respecto a dicho contenido. Esto permitirá disminuir el tiempo que dura la prueba y, por tanto, que los niños estén más implicados en la misma: niños tan pequeños pueden cansarse si el experimento ocupa demasiado tiempo.

Como resultado del pre-test obtendremos el conjunto de niños con los que se va a realizar la experimentación y una evaluación (alta / media / baja) de la destreza que cada uno de los sujetos tiene respecto al contenido educativo que se va a entrenar. Esta información será muy importante para configurar el juego de acuerdo a las habilidades de cada niño ya que, en este rango de edades, las diferencias de maduración dentro de los alumnos de un curso pueden ser significativas.

5.2 Fase de Test

En la fase de Test se realizan dos actividades: por una parte, los niños juegan al videojuego propuesto y, por otra, se realiza parte del análisis, en particular, la que se refiere a la observación y anotación. Puesto que la evaluación se centra en las emociones que experimentan los niños durante el juego, y tomando en consideración las distintas restricciones comentadas en los apartados anteriores, el método de observación se basa en el estudio del lenguaje no verbal de los niños en puntos significativos del juego, para lo que realizaremos grabaciones de las sesiones de juego.

En [11] se hace un estudio del significado del lenguaje no verbal de los niños. En concreto, se concentra en cuatro aspectos:

- Gestos con las manos: Durante la comunicación hablada, es habitual que movamos nuestras manos para hacer énfasis sobre alguna cuestión o señalar un elemento del que estamos hablando, por ejemplo. En el caso de los niños, esta gesticulación cobra aún más importancia, ya que sus habilidades comunicativas pueden estar aún en desarrollo. En este caso, esto hace que la carga comunicativa sea aún mayor. Se distinguen tres tipos de gestos con las manos:
 - o Emblemas: Se traducen de manera directa y sencilla en palabras (por ejemplo, Ok, V de Victoria...).
 - o Gestos ilustrativos: Están vinculados al discurso. Por lo general, la cantidad de gestos se incrementa cuando describimos algo complicado o cuando el tema nos produce agitación o conmoción. Casi siempre son imposibles de interpretar sin contar con algún conocimiento de lo que se habla.
 - o Gestos emocionales: Son los más relevantes para este trabajo, ya que revelan estados emocionales de los niños sin necesidad de que ellos tengan que describirlos. Nos fijaremos, principalmente, en los siguientes: 1) Para reducir la tensión se tocan más (acicalarse el pelo, rascarse); 2) Se chupan el pulgar en estados de conflicto o emociones negativas; 3) Se tocan el pelo o las orejas cuando sienten cansancio; 4) Se inclinan hacia delante con los puños cerrados cuando sienten agresividad; 5) Cuando hay buena química entre personas imitan sus gestos y posturas.
- Miradas: Tal como se indica en el estudio de [11] “La mirada cumple numerosas funciones en la comunicación humana”, por lo que podemos utilizar algunas de sus características para determinar algunas emociones. En concreto, estudiaremos si el niño fija la mirada en el suelo para determinar si el juego le provoca algún conflicto.
- Expresiones faciales: “Los rostros son particularmente importantes para la expresión de la emoción” [11], por lo que una parte importante del método se centra en el estudio de los mismos durante el juego.



Fig. 1 Expresiones faciales y significado [12]

A medida que el ser humano se desarrolla, aprende a manejar sus expresiones faciales para que revelen los estados de ánimo que se desean o se consideran más oportunos en determinadas situaciones. Sin embargo, este proceso que permite dominar la expresión facial se adquiere con el tiempo, por lo que su estudio está todavía indicado en el rango de edad que es foco

de método. Así, distinguimos dos tipos de expresiones faciales: 1) Fingidas o deliberadas, que no necesariamente reflejan cómo nos sentimos, sino que constituyen lo que deseamos decirle al mundo exterior que sentimos; y 2) Espontáneas, que son consecuencia directa de una experiencia emocional o un sentimiento y se presentan de manera automática, natural. La Figura 1 muestra una representación de las expresiones faciales básicas [12], que son las que estudiaremos durante el juego.

- Tacto: Contactos táctiles inapropiados realizados por niños (a otros niños) pueden ser un signo de que están nerviosos o molestos por algún motivo.

Durante la fase de Test, los sujetos de análisis jugarán al juego propuesto. Mientras juegan, una cámara grabará a los niños, poniendo especial atención a sus rostros, que serán los que revelen las distintas sensaciones que están experimentando.

5.3 Fase de Post-test

Normalmente, en la fase de Post-Test se realizan un conjunto de cuestionarios sobre aspectos del juego y, en el caso específico de juegos educativos, también se realizan pruebas para determinar el aprendizaje conseguido por medio del juego. En nuestro caso, de nuevo es necesario adaptar estos mecanismos a las restricciones que presentan los sujetos a los que se dirige nuestro método de evaluación. En particular, utilizaremos emoticonos para que los niños expresen lo que han sentido en un conjunto reducido de escenas del juego, que serán aquellas que consideremos más relevantes y que, por su importancia dentro del desarrollo del juego, hayan podido quedar en la memoria del niño. Además, se realizarán entrevistas guiadas entre pares, de tal forma que dos o tres alumnos comenten entre ellos lo que han hecho en el juego o lo que más les ha gustado. Para que la conversación permita obtener las claves que necesita el evaluador, él mismo o el tutor de los niños, se sentará con ellos y realizará alguna pregunta que guíe el desarrollo de la conversación, para así evitar que se desvíe del interés del estudio. En algunos centros, los maestros realizan *asambleas* con sus alumnos, que sirven como punto de encuentro y puesta en común de distintas actividades. Si el estudio se realiza en un centro de este tipo, ésta puede ser una buena ocasión para hablar con los alumnos respecto a lo que han hecho en el juego, lo que más les ha gustado, lo que menos...

Además, puesto que estamos analizando videojuegos educativos, es importante conocer el nivel en el que el juego ha contribuido a su proceso educativo. Así, se propondrá al maestro que realice alguna actividad relacionada con el contenido didáctico del juego y nos facilite el resultado obtenido por cada niño en relación a su nivel de conocimiento anterior. Pensamos que es importante realizar esta actividad de la forma habitual, es decir, en su aula, con su maestro y con el resto de sus compañeros. De esta forma conseguiremos rodear esta fase de la normalidad de un día de colegio, en contraposición a realizarla con el evaluador, de forma individual, sin su maestro y fuera de su aula.

En cualquier caso, podemos deducir cómo de bien se han realizado las actividades educativas del juego utilizando la puntuación obtenida. Además, será deseable que el videojuego educativo realice un registro de algunos aspectos relacionados con el proceso seguido por el niño durante la realización de dichas actividades, con el fin de estudiar el proceso de aprendizaje además del resultado obtenido. No obstante, esta parte del análisis depende, en gran medida, del tipo de juego que se use y del contenido educativo que se practique en el mismo.

6. CASO DE ESTUDIO: “LA AVENTURA DE ATO”

El videojuego educativo “La aventura de Ato” [13] es una aplicación para iPad que se encuentra en las últimas fases de su desarrollo. Está destinado a niños entre 3 y 5 años e incluye ejercicios para mejorar la grafo-motricidad dentro de una historia fantástica que fomenta la imaginación y aporta diversión al alumno que juega.

En “La aventura de Ato” el jugador acompaña a un grupo de personajes a través de distintos planetas. En este viaje, los jugadores persiguen a los piratas espaciales que han robado sus juguetes. El diseño de los personajes que aparecen en el juego está orientado a provocar un conjunto de emociones en el jugador. Existen, por tanto, los *buenos* y los *malos*. Se pretende que estos personajes, provoquen un sentimiento de empatía en los niños. Para ello, cada personaje tiene un juguete favorito, favoreciendo así que el jugador pueda identificarse con alguno de ellos, si su juguete preferido coincide, o simplemente, porque el jugador también tiene un juguete preferido. Por su parte, los malos son los piratas espaciales que, aún mostrando una conducta inapropiada, han sido revestidos de cierto componente cómico, con objeto de no provocar rechazo (Fig. 2).



Fig. 2 Piratas espaciales en "La aventura de Ato"

Debido a la importancia de realizar un diseño centrado en la jugabilidad [14], nos ha parecido que la aplicación del método de análisis propuesto podía mejorar la versión final del juego. Además, el rango de edad de los jugadores a los que va dirigido coincide con el perfil de los sujetos que son objeto del método que se propone.

6.1 “La aventura de Ato”, diseñado para niños

Para el desarrollo del juego “La aventura de Ato” se han seguido las recomendaciones y pautas presentadas en el apartado 4. En primer lugar, se ha creado un universo fantástico para captar la atención de los niños. Se ha elegido un tema de ficción adecuada a la madurez de los niños a los que está dirigido el juego, de forma que tenemos un conjunto de planetas entre los que los personajes viajarán usando naves espaciales. Estos planetas están ambientados en periodos destacados de la historia de la humanidad, aunque con elementos mágicos como dragones o máquinas imposibles. Incluso los personajes principales presentan elementos fantásticos, ya que son seres desconocidos con habilidades para cambiar de forma (Fig. 3).

En las primeras fases del desarrollo de Ato se planteó la idea de incluir una modalidad de juego cooperativo pero, tras entrevistas con expertos, se descartó la idea debido a que los niños en esa edad no tienen la capacidad de jugar en grupo.

Por otra parte, para satisfacer la necesidad de aprobación constante que tienen los niños en esta edad y de aumento de la motivación extrínseca, se incluye un refuerzo positivo durante la realización de las actividades o ejercicios, como sonidos de ánimo

o indicaciones de error por medio de la voz del narrador. Además, para no perder el interés del jugador, se suceden una serie de objetivos a corto plazo que le acercan al objetivo principal (recuperar los juguetes robados por los piratas espaciales).



Fig. 3 Personajes de "La aventura de Ato" con forma de peine

Las instrucciones acerca de lo que el jugador debe hacer en cada pantalla se presentan por parte del narrador mediante instrucciones habladas, usando un vocabulario adaptado a la edad de los jugadores. De forma similar, el botón de ayuda, presente en cada pantalla, se muestra como un niño que, al tocarlo, repite las indicaciones necesarias para superar la pantalla. En la Fig. 4 puede verse en la esquina superior izquierda.



Fig. 4 "La aventura de Ato". El Parque.

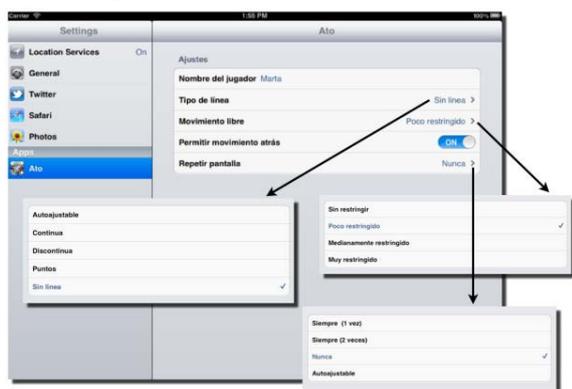


Fig. 5 Pantalla de configuración de "La aventura de Ato"

Todas las fases se superan de la misma forma (comportamiento similar): moviendo uno o varios objetos desde un punto a otro. La manera en la que han de realizarse estos movimientos está indicada siempre mediante una flecha que señala el objeto a mover y la dirección, una línea guía, y un punto que indica la posición final. Se incluyen conceptos orientados a reforzar su conocimiento lógico-matemático y su capacidad de identificar atributos de los objetos y construir relaciones entre ellos.

El contenido educativo incorporado en el juego consiste en la realización de diversos ejercicios de grafo-motricidad (con grafías de diversos tipos) que están ocultos en los desplazamientos de objetos y personajes que tienen que realizar los jugadores.

En cuanto a los tiempos de espera, se ha realizado una gestión de memoria que permite una carga inmediata de cada fase del juego y el menú de configuración está completamente separado de la aplicación (ver Fig. 5), dentro de los ajustes generales del dispositivo iPad, con objeto de que el jugador no pueda acceder a ellos de forma accidental.

Por último, y en lo referente a la motivación que provoca el juego, comentar que el videojuego se ha desarrollado para que el niño pueda jugar sin estar asistido por un adulto (autonomía) y la dificultad de las actividades aumenta progresivamente (maestría).

6.2 Resultados de la experimentación

El método de evaluación propuesto se ha utilizado en el juego "La aventura de Ato" con objeto identificar las mejoras de diseño necesarias antes de finalizar su proceso de desarrollo.

La evaluación se ha realizado sobre una muestra de 39 niños entre 3 y 4 años, pertenecientes a dos centros infantiles del área centro y metropolitana de Granada. Todos los niños de las clases en las que se realizó el estudio pasaron a formar parte de la muestra de estudio, ya que todos se encontraban a un nivel similar de maduración en lo referente al desarrollo en grafo-motricidad. Además, dentro del pre-test se realizó una actividad para conocer su destreza con el uso del dispositivo iPad. Debido a las características de dicho dispositivo y a la naturalidad con la que se interacciona con la tecnología táctil, la mayoría de los alumnos presentaban una destreza media o alta. Se han realizado dos casos de estudio; las principales diferencias entre ellos son: 1) número de emoticonos que se presentan como opción: en el primero se ofrecen dos, mientras que en el segundo se ofrecen cuatro; 2) se aumenta el aislamiento de los alumnos que realizan la prueba: en el primer estudio se realizó en un aula junto al patio mientras que en el segundo se realizó en un aula sin interferencia de ruido.

La observación del lenguaje no verbal de los niños mientras jugaban y de las dificultades de uso que les han surgido ha dado una información de gran utilidad para la evaluación de la jugabilidad, el conjunto de experiencias interactivas del juego y la finalización de su desarrollo. Para estudiar las emociones que provocan en los niños se han escogido una serie de eventos representativos del juego. En concreto, se han seleccionado seis puntos clave: 1) Alcanzar el final de la línea guía en los ejercicios de grafo-motricidad (esc.1 en la Fig. 6), 2) el momento en que los piratas roban los juguetes a Ato y sus amigos (esc. 2), 3) la escena en que los piratas se escapan (esc. 3), 4) la escena en que la nave de Ato y sus amigos se estropea en plena persecución (esc. 4), 5) cuando Ato y sus amigos alcanzan la nave pirata (esc. 5), 6) la escena final, donde Ato y sus amigos recuperan los juguetes pero tienen que tener cuidado al cogerlos para no despertar a los piratas (esc. 6). A continuación, se describen brevemente los principales resultados.

Para realizar los ejercicios de grafo-motricidad, se incluye: un punto de inicio, marcado por el elemento a desplazar y una flecha roja; el trazo que el niño debe realizar, marcado con una línea (en este caso, discontinua); y el final del ejercicio, marcado con un punto rojo colocado al final de la línea guía. Cada vez que se completa uno de estos ejercicios, el juego emite un sonido que sirve de mensaje positivo. En ese momento, se observaron

diversos gestos en los jugadores: risa, miradas al tutor buscando su aprobación, subir los brazos, suspiros, juntar las manos en el pecho o dar pequeños saltitos en la silla. De todos estos gestos se interpreta un sentimiento de satisfacción debido a la alegría que produce en el niño haber completado correctamente la actividad.

En la escena en la que los piratas roban los juguetes a los protagonistas, los niños han mostrado una gran diversidad expresiva. Aunque todos los gestos tienen en común ser una muestra de sorpresa, se pueden diferenciar varios matices: sorpresa pura (levantar las cejas, parpadear repetidamente, fruncir los labios sin llegar a cerrarlos o abrir la boca), nerviosismo (morderse el labio y risa nerviosa) y lástima (sacar el labio inferior, fruncir el ceño o subir el entrecejo mientras baja las comisuras de los labios). De estas reacciones, se deduce que los jugadores empatizan con los personajes en los sentimientos que puedan tener al perder sus juguetes favoritos.

A lo largo de la historia, los piratas escapan varias veces. Ante esta situación, los niños suelen comentar y preguntar al tutor acerca de la recuperación de los juguetes y realizan gestos como morder sus labios, levantar las cejas o abrir los ojos. De todo ello se deduce que se mantiene la motivación y recuerdan que deben darles caza para recuperar los juguetes de Ato y sus amigos.

En un punto de la historia del juego, la nave de los personajes principales se estropea. Aunque algunos niños sí entendían la escena y por sus gestos demostraban sorpresa y preocupación por el problema que conlleva (levantar las cejas de forma rápida, alzar las palmas de las manos...), la mayoría no comprendía la situación y buscaba más información fuera del juego, preguntado al educador, o simplemente se mostraban inexpressivos.

Sin embargo, cuando alcanzan la nave pirata, la mayoría de los niños muestran alegría, (abrir los ojos y la boca, reírse...) ya que entendían que estaba próxima la recuperación de los juguetes.

La pantalla final del juego consiste en una escena en la que los piratas están durmiendo y el jugador tiene que llevar los juguetes hasta los protagonistas sin tocar a los piratas para que no se despierten. Durante el desarrollo de esta actividad se han observado los siguientes gestos: relajar la boca, fruncir el ceño, acercarse a la pantalla, reír de forma nerviosa, tocarse el pelo, morderse el labio... Todos ellos reflejan tensión por la situación y una mayor concentración para conseguir finalmente el objetivo que ha estado presente durante todo el juego.

Durante la fase de post-test, se ha preguntado a los niños acerca de los mismos puntos clave estudiados en el análisis del lenguaje no verbal. En la Fig. 6 se muestran los resultados obtenidos. Cada conjunto de dos barras representa el resultado obtenido para la pantalla colocada a la izquierda; la barra inferior se refiere al caso de estudio 1 y la inferior al caso 2. Las divisiones de cada barra representan el porcentaje de alumnos que seleccionaron cada uno de los emoticonos presentados. El primero de ellos significa *alegre/aprobación*, el segundo *aburrido/triste*, el tercero *sorprendido/muy alegre* y el último representa *enfadado/nervioso/frustrado*. La última opción se ha reservado para reflejar otro estado o para *ninguna respuesta*.

Al comparar los resultados obtenidos en el test y el post-test vemos correspondencia entre las reacciones observadas en los niños y las emociones que han elegido posteriormente. Se observa, además, que la capacidad que tiene el niño para expresar sentimientos está relacionada con su facilidad para identificar los emoticonos utilizados y darles uno o varios significados. Sabiendo esto y gracias al diálogo mantenido entre el alumno y el evaluador, se ha podido comprobar que, en líneas generales, los eventos estudiados del juego han transmitido las emociones que los desarrolladores pretendían: completar un ejercicio ha provocado alegría o satisfacción, igual que alcanzar la nave pirata después de perseguirla; el robo se convierte en una triste sorpresa para el que está jugando, aunque esto provoca un aumento del interés por continuar el juego; por último, las persecuciones, la rotura de la nave de los protagonistas y, sobre todo, la escena final, recuperando los juguetes, han transmitido tensión al jugador y un refuerzo de la motivación.

6.3 Discusión

Como resultado de esta experimentación, se han encontrado varios puntos que son susceptibles de mejora y que, por tanto, se abordarán en la última fase de desarrollo de "La aventura de Ato".

En lo referente a la presentación de la historia, es necesario dividir uno de los vídeos en dos partes, de tal forma que, antes de hacer ejercicios, el niño conozca los protagonistas y sus juguetes favoritos. De esta manera, conectaremos con los niños desde el inicio del juego. Por otra parte, se ha detectado que la mayor parte de los niños no reconocen el beisbol, juego que desempeñan Titín y Pipín, los amigos gemelos de Ato. Pensamos que la aceptación de estos personajes será mejor si incluimos otro juego con el que los niños estén más familiarizados. Finalmente, aunque los niños entendían que al final habían recuperado los juguetes, creemos que incluir un vídeo donde los piratas aparezcan derrotados o enfadados y los protagonistas alegres jugando con los juguetes recuperados, puede reforzar la satisfacción de los niños.

Por otra parte, se han detectado algunas características técnicas que deben modificarse para mejorar la jugabilidad y calidad en uso de "La aventura de Ato". En particular, hay dos elementos a modificar: el primero de ellos consiste en aumentar la zona de acción de los elementos que los niños deben mover cuando éstos son muy pequeños. Actualmente, la zona táctil habilitada para el desplazamiento ocupa sólo el mismo tamaño que el objeto, lo cual dificulta la tarea en pantallas con varios ejercicios a realizar, ya que los objetos son más pequeños. En segundo lugar, cuando la dificultad de los ejercicios aumenta, pensamos que en lugar de desplazar un objeto, los niños realizarán mejor el ejercicio si se pide que dibujen el elemento pedido: en líneas de sierra no veían bien la línea guía y no sabían si lo estaban haciendo bien, ya que

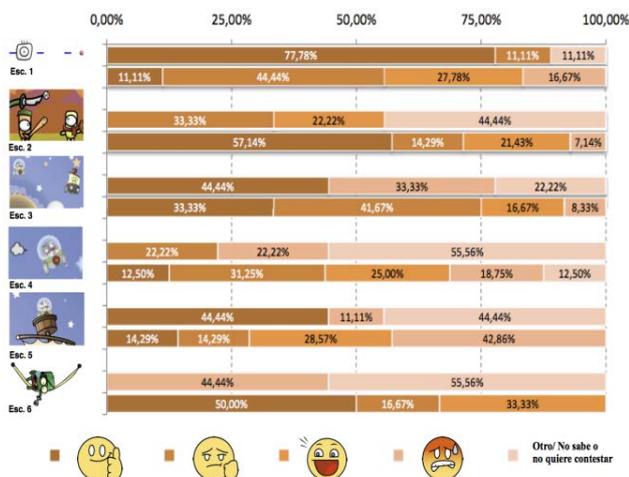


Fig. 6 Resultados post-test

en esta pantalla coincide también que los elementos que desplazan son más pequeños que en las anteriores.

Por último, en lo que se refiere a emociones que despierta el juego, es necesario introducir cambios en dos puntos. Aunque los niños saben que tienen que hacer las actividades planteadas para conseguir su objetivo, pensamos que es necesario incluir elementos que expliquen al alumno cómo esa actividad contribuye al acercarse a los piratas. Además, vamos a introducir más narraciones y sonidos en los vídeos y durante la realización de las actividades para introducir más elementos lúdicos que aumenten la motivación del alumno y su inmersión en la historia.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado un método que permite hacer una evaluación de emociones cuando niños de entre 3 y 5 años juegan a un videojuego educativo. Se han presentado las particularidades a considerar y cómo hacer un análisis en función de las mismas.

Este método está dividido, como viene siendo habitual, en tres fases: pre-test, test y post-test. Tanto en la fase de pre-test como en la de post-test, hemos determinado que la figura del maestro es de vital importancia debido a la información que ya tiene sobre los alumnos y la confianza que existe entre ellos actuando como facilitador en el proceso de test con los usuarios. Por ello, será deseable que la información sobre el conocimiento previo de cada niño y la evaluación de las destrezas adquiridas con el juego las facilite el maestro.

Durante la fase de test, es necesario limitar las distracciones del niño que, a esa edad, pueden proceder de innumerables elementos. Por ello, será deseable realizar la experiencia en grupos pequeños, donde cada uno esté, a su vez, con un evaluador separado del resto. Además, la sala de experimentación debe estar apartada del ruido del patio y de la actividad de otros compañeros.

En lo referente al post-test, sin embargo, se han observado algunas circunstancias que es necesario comentar. En primer lugar, la evaluación del post-test emocional no puede realizarse independientemente de la observación del lenguaje no verbal, ya que los emoticonos usados pueden tener un significado distinto para cada niño, e incluso un mismo niño puede darles significados distintos dependiendo de la pregunta en particular. Estas ambigüedades quedan resueltas mediante el diálogo del evaluador con el niño y con la comprobación de las expresiones que realizó en cada punto. Por tanto, se ha observado que, siempre que el post-test se realice manteniendo un diálogo que permita conocer el significado que da el niño a los emoticonos, el resultado de éste y el test concuerdan en cuanto a las emociones (o falta de éstas) que cada evento ha provocado en los jugadores. Además, es importante mencionar que existe un porcentaje de los niños con los que se ha trabajado que no son capaces de darle un significado a los emoticonos. Esta incapacidad, según las conversaciones mantenidas con sus maestros, está relacionada con su grado de madurez y su propia capacidad expresiva.

Actualmente, estamos definiendo nuevos emoticonos para que los niños puedan reconocerlos más fácilmente. Para ello, estamos analizando los gestos que ellos mismos realizan y estudiando cómo traducirlos a las figuras. Además, pensamos que se podrían introducir opciones en las distintas fases que permitieran, manteniendo su filosofía de análisis, hacer estudios en otro rango de edades. Por último, pensamos que incluir emociones en el

videojuego afecta a la jugabilidad y, en el caso de los videojuegos educativos, a la motivación. Por ello, nuestras líneas futuras de investigación se enmarcan en el estudio de esta relación.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España como parte del proyecto VIDEKO (TIN2011-26928) y el Vicerrectorado de Política Científica e Investigación de la Universidad de Granada.

9. REFERENCIAS

- [1] Prensky, M. 2001. Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon* 9(5), 1-6.
- [2] González Sánchez, J. L. 2010. *Jugabilidad. Caracterización de la Experiencia del jugador en Videojuegos*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- [3] Ibrahim, A., Gutiérrez, F. L., González Sánchez, J. L., Padilla, N. 2011. Playability design pattern in educational video game. *Student Usability in Educational Software and Games: Improving Experiences*. IGI Global, Hershey.
- [4] Markopoulos, P., Read, J. C., MacFarlane, S. J., Hoysniemi, S. 2008. Evaluating Interactive Products with and for Children, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- [5] Bruckman, A. S., Bandlow, A. 2003. Human-computer interaction for kids. *The human-computer interaction handbook*, 428-440. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [6] González Sánchez, J. L., Gil Iranzo, R. M., Gutiérrez Vela, F. L. 2011. Enriqueciendo la evaluación de videojuegos. En *Actas del XII Congreso Internacional Interacción* (Lisboa, Portugal, 2-5 septiembre 2011).
- [7] Acuff, D. S., Reiher, R. H. 1997. What Kids Buy and Why. *The Psychology of Marketing to Kids*. The Free Press, NY.
- [8] Markopoulos, P., Bekker, M. 2003. Interaction design and children (Editorial). *Interacting with Computers*, 15(3), 141-149.
- [9] Ryan, R. M., Deci, E. L. 2000. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.
- [10] Pink, D.H. 2009. *Drive: The surprising truth about what motivates us*. Riverhead Hardcover.
- [11] Doherty-Sneddon, G. 2009. *El lenguaje no verbal de los niños*. Lumen, Buenos Aires, Argentina.
- [12] Cohen, D. 2007. *Body Language: What you need to know*. Sheldon Press.
- [13] Abad-Arranz, A. López-Arcos, J. R.. 2012. *Desarrollo de un videojuego educativo de apoyo al aprendizaje de la grafomotricidad. "La Aventura de Ato, un viaje a través del espacio y el tiempo"*. Proyecto fin de carrera, Universidad de Granada.
- [14] González, J. L., Padilla Zea, N., Gutiérrez, F. L. 2009. From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. M. *Human computer interaction (HCI09)*, LNCS 5619, 65-7.

Towards the Validation of a Method for Quantitative Mobile Usability Testing Based on Desktop Eyetracking

Cira Cuadrat Seix
GRIHO HCI Research Lab.
University of Lleida
69, Jaume II St. – Lleida (Spain)
ccs1@alumnes.udl.cat

Montserrat Sendín Veloso
GRIHO HCI Research Lab.
University of Lleida
69, Jaume II St. – Lleida (Spain)
msendin@diei.udl.cat

Juan José Rodríguez Soler
Dept. Digital Experience
Gneis (Bankinter group)
3, Pico de San Pedro St.-Madrid
jjruezs@bankinter.es

ABSTRACT

With the fast evolution in the development of applications for mobile devices, the study and adequacy of usability evaluation methodologies in this context is becoming an increasingly demand. Current techniques and equipment particularly adapted to these types of interfaces, such as specific eyetracking equipment for mobile devices, are trying to offer a solution to contexts related to mobility. However, due to known physical restrictions, especially the limited size of displays, data registered by this kind of equipment is limited to qualitative data. These restrictions are especially strong when collecting data from eyetracking techniques. Further study is needed to assess usability in mobile interfaces quickly and comprehensively.

This paper shows a state of the art review on the mobile usability evaluation field, specifically focused on the application of eyetracking techniques in usability testing for mobile interfaces. Once related handicaps and awkwardness's are identified, an agile method for exploiting desktop eyetracker equipment in combination with mobile devices is proposed. The point is coming into play the same facilities used in traditional usability testing in order to obtain qualitative and quantitative data.

An experimental study of the proposed method has been carried out for two purposes. The first one is to prove the efficiency and applicability of the method, in comparison to existing options. The second one is to deeply analyse quantitative data extracted from the experiment related not only to the gaze, but also to the visual cognition issue in the exploration of the interface. Initial findings from this study are presented.

Categories and Descriptors

H.5.1 [User/Machine Systems]: Human Factors. H.5.2 [User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6): Evaluation/methodology. H.5 m [Miscellaneous].

General Terms

Measurement, Performance, Reliability, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Mobile interface, Mobile usability testing, Evaluation methodologies, Evaluation set-up, Eyetracking, Quantitative data.

1. INTRODUCTION

Nowadays, smartphones are the mobile device par excellence

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 '12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

gaining 31% sales in 2011 [5]. They are *gadgets* with more advanced computing ability, interaction capabilities, connectivity and functionalities than traditional mobile phones. Probably, one of the most appealing features for the public is the possibility of entering into an online market of mobile software applications together with the ease of installing them. Due to proven evolution in this sector, a growing demand exists to explore and innovate in this field, in the line of proposing methodologies specifically adapted for mobile interfaces. Undoubtedly, mobile applications developers must pay special attention to usability.

Usability methods and principles employed in the evaluation of mobile interfaces are mainly based on techniques and tests traditionally managed in desktop static environments. Furthermore, most of these practises are carried out in controlled environments, thus compromising the mobility factor inherent to this kind of contexts. However, traditional techniques are not able to capture usability problems in the context of a mobile usage. During the last decade, research in mobile usability has been a new evolving area with few established methodologies and realistic practices that ensure improving usability. Moreover, because of the limited life cycle of this type of development, the rapid change in mobile technology and an extensively competitive market, these techniques and methodologies are supposed to follow an approach more agile than for traditional interfaces.

This paper presents a study of the related work in the field of mobile usability evaluation, taking into account the efforts realised so far. After a general introduction, the study is focused on the application of eyetracking techniques to mobile usability testing. The challenge of applying eyetracking techniques to mobile interfaces is that these devices screens are too small. To be more precise, at a distance of 50 cm (i.e. the typical distance from the eyes at which a mobile phone is held whilst using it), only one fixation is necessary for the brain to get an accurate and clear image of approximately a quarter of the display. Hence, using an eyetracker to analyse detailed reading or scanning patterns on a mobile device is difficult, no matter how accurately the eyetracker is able to determine the center of the fixation [11].

This paper proposes a method that exploits all the potential from the desktop eyetracker by projecting screencasts from mobile interfaces on the eyetracker monitor. The goal is enabling a method for agile and comprehensive mobile usability testing. This method allows the integration of specific software for eyetracking with *Morae* software¹, making possible a deeper quantitative data analysis in the study of usability in mobile interfaces.

An experimental study has been carried out in order to prove the adequacy of the proposed method in mobile usability testing. It is also intended to state the most suitable size for projecting the

¹ <http://www.techsmith.com/morae.html>

mobile interface on the desktop eyetracker monitor, as a recommendation for applying the method. Two different criteria are being considered in the study, as presented henceforth.

The experimental task has been specifically designed for this study. It is based on location strategies in visual exploration. Data corresponding to the completion time in the execution of this task have been registered for the different projection sizes employed, and also for its execution in the physical device. It is intended to validate if there exist significant differences between data regarding the visual task performance obtained from handling the interface on the physical device in relation to each one of the projection sizes employed in the experiment.

The whole purpose is twofold: (1) proposing an evaluation set-up for combining the desktop eyetracker –the most comprehensive and efficient eyetracking equipment available nowadays– with the real usage of mobile devices; and (2) facilitating a set of recommendations in the way to use the proposed set-up. The central focus is exploiting the quality of gaze data obtained in desktop eyetrackers without compromising the operative veracity in terms of visual cognition performance when using a real device. The conjunction of both issues will lead to a valid method for the in-depth study of usability in mobile interfaces.

The next section presents a study of related work in mobile usability evaluation, with a special attention to eyetracking techniques. Then, the method proposed based on desktop eyetracking techniques for quantitative mobile usability testing is presented. In section four, the experimental design conducted is detailed, as well as the initial findings obtained. Finally, some conclusions and future work conclude the paper.

2. STATE OF THE ART ON MOBILE USABILITY EVALUATION: SPECIAL CASE IN EYETRACKING

2.1 Mobile Usability General Aspects

There are several reasons that make mobile usability evaluation, and especially the collection of quantitative data challenging, as it is explained in a J. Nielsen's Alertbox². Mobile usability techniques face three main hurdles: (1) the small screen sizes of mobile devices; (2) the lack of specific software tools; and (3) the additional difficulties derived from a mobile context.

In the first place, the small screens of these devices make the user interaction harder than on a traditional desktop screen in very different ways. Especially remarkable is the fact that the limited technological capacities of these devices restrict the process of collecting qualitative and quantitative data during usability tests. This handicap is especially prominent in collecting accurate user's gaze and eye movement data by means of existing eyetracking techniques. This is because the eye barely moves when a person's gaze shifts between items close together on a small screen [3].

In the second place, there is a lack of exhaustive and fully developed software to study usability specifically oriented to mobile devices. Without going any further, the *Morae* software can not take full advantage of its potential when using the mobile device configuration³. This software is unable to record the management of the physical device (touch screen, software and

physical buttons, etc.), in comparison to desktop applications, where recording mouse clicks and keyboard usage is allowed.

Finally, the inherent characteristic of mobility associated to mobile devices introduces an extra issue. A mobile context means that both, the user and the phone are constantly moving, and thereby the surrounding environment is changeable. Moreover, user tasks are subject to interruptions (e.g. loss of coverage, incoming calls, or distractions). Considering and incorporating variables regarding the context in the testing process introduces undoubtedly additional challenging points, moving traditional evaluation environments away from a natural situation [7].

Regarding the last point mentioned, there has been enormous controversy as to whether results are optimum and relevant when obtained, taking into account mobility and contextual factors in mobile usability tests. This aspect has conducted to various studies, contrasting both alternatives, laboratory vs. field tests, such as [1], [4], [6], [7], [9]. The conclusions of this research suggest that in most cases the most relevant feedback data is obtained in laboratory studies. Field tests are subject to distractions and interruptions, leading to a drastic reduction of the effective time for evaluation. This factor makes it difficult to compensate the extra effort required in these kinds of tests. Furthermore, field tests are only able to obtain qualitative data. Moreover, they are likely to detect mainly the most relevant usability problems [4], [6], as well as those mainly related to the device being used, which cannot be found using conventional laboratory tests [1]. In conclusion, such as is recommended in [9], field tests must be carried out in the final stages of development, and always after having made at least one laboratory test.

One of the techniques increasingly valued and widespread in the study of usability in controlled environments are eyetracking techniques. These techniques consist in recording both, the point where the user fixes their gaze and their eye movement relative to the head⁴. There are diverse systems to determine the movement of the eyes. The most common is through light, usually infrared light, which is reflected at the eyes and is captured by a video camera or other type of optical sensor. In order to interpret information collected by eyetracking equipment, there are software tools that create animations and representations in order to graphically summarize the visual behavior from one or more users, providing qualitative and quantitative results. These representations are mainly known as heat maps and saccade paths.

The main measurements employed in usability research are visual fixations, saccades and some others related to them. Trying to help understanding the approach of applying the technique of eyetracking in usability testing, some of the most important ones have to be defined: (1) the visual fixation metric is the maintaining of the visual gaze on a single location, more exactly is based on a relatively stable eye-in-head position within a threshold of dispersion over a minimum duration; (2) the number of fixations is the amount of visual fixations registered; (3) saccades are quick eye movements occurring between fixations; (4) the saccade path is a spatial arrangement of a sequence of fixations and saccades between them; and (5) the gaze duration metric is a cumulative duration of consecutive fixations within an area of interest. Gaze duration typically includes several fixations and may include a relatively small amount of time for the short saccades between these fixations [10].

² <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability-study-1.html>

³ <http://www.techsmith.com/morae-plugins.html>

⁴ <http://www.usolab.com/articulos/eyetracking-usabilidad-comunicacion.php>

The following subsections present a state of the art study of different equipment and evaluation set-ups employed for the application of eyetracking techniques on mobile devices.

2.2 Eyetracking Techniques in Smartphones

Despite of handicaps regarding eyetracking research on mobile usability testing, efforts in this area are growing accordingly⁵, providing information in a major or minor reliable manner about how users interact with mobile interfaces [11]. For this reason, there is different eyetracking equipment being commercialized or investigated to be applied in mobile usability evaluation. Some of them are explained below.

2.2.1 Head-Mounted Eyetrackers and Gaze-Based Interactions

Eyetracking glasses are some kind of eyetracking technology -a camera and infrared lights- integrated into the glasses. This equipment can also be provided with recording assistant and infrared markers. Figure 1 shows an example.



Figure 1. Eyetracking glasses from SMI⁶.

These glasses are an unobtrusive and lightweight mobile artifact (head-mounted eyetracker) for capturing natural real-world behavior in both qualitative and quantitative research. Automated data mapping and aggregated eyetracking data from several test subjects, along with system-guided procedures promote process efficiency. These glasses get the information and transmit it via wifi or bluetooth to the computer connected to the glasses.

Although this method simulates a more natural context of use, information gets lost due to the user is not usually focused only on looking at the mobile device, as stated in [1]. Furthermore, it does not offer the possibility of mobility in exterior environments, since the data collection device must remain close to the computer. Many eyetracker glasses only record the movement of the real eyes. Most advanced models also record the user's main gaze points, as shown in Figure 2, keeping track from eye movement. Anyway, eyetracking glasses do not gather enough data to develop saccade paths or other typical mapping visualizations, mainly because of the limitations that a reduced display poses on the visual behavior recording.



Figure 2. Glasses user's gaze visualization shown in [3].

The external camera inserted in the eyetracker glasses monitors the user interaction with the physical device. However, because of the small size of the screen, the recording can have some problems with visualization. Moreover, the user is likely to cover

⁵ <http://www.it-eval.org/Docs/Thesis-Norlien.pdf>

⁶ <http://www.eyetracking-glasses.com/>

part of the screen with his fingers or hands. In conclusion, these limitations lead to that the results obtained are mainly qualitative.

There are other works in the development of different open source software and hardware head-mounting eyetracking tools, with which it is possible to log other kind of information data, such as pressing buttons and recording the fingers movement on the device screen. Some of the most relevant are the *EyeExpress Tracker* software⁷ and the *OpenEyes* project⁸. These projects are still in development and have not presented significant results.

There are other recent developments in mobile eyetracking equipment, in this case oriented at mobile control with the users' eyes. An example is *EyePhone*⁹ [8]. It uses the mobile device camera in order to keep track of users via the mobile at hand. This technology is still rudimentary due to their limited object recognition algorithms, which track the position of an eye relative to the screen, rather than where a person is looking at. Apart from limitations in the methodology applied, this technology faces other different main problems derived from mobility and other contextual factors, such as the daylight. Finally, it is worth mentioning that not all the cell phones have a frontal camera, so this method has a strong limitation. Anyway, this method can only be applied to very concrete functionalities, such as selecting an application or an item by blinking, and other similar gaze-based interactions. There are other projects similar to *EyePhone*, such as AOA marker systems [2]. However, none of these projects employs the eyetracking technology for usability purposes.

2.2.2 Stand-alone Eyetracker and Trolleys

Some corporations have developed eyetrackers that can be attached to a mobile trolley. This kind of equipment offer the possibility of doing eyetracking testing introducing some movement, providing more flexibility compared to desktop eyetrackers. Figure 3 shows an example of this kind of equipment.

There are two different evaluation set-ups for this eyetracker equipment: (1) the trolley set-up; and (2) the stand-alone set-up.

The first one offers some mobility, as the trolley can be pushed by users. Despite of that, this set-up is recommended in controlled environments [11]. An external camera records the user interacting with the physical device.



Figure 3. Tobii's Stand-alone eyetracker¹⁰.

The stand-alone eyetracker set-up uses this eyetracker equipment without the trolley. The eyetracker is positioned upside down in front of the participant so it is able to see straight into the participant's eyes. The device is placed on a table between the eyetracker and the user, who remains completely static sitting in the table. A scene camera is placed on the roof. While it provides

⁷ <http://xpresstracker.sourceforge.net/>

⁸ <http://thirtysixthspan.com/openEyes/videos.html>

⁹ http://download.cnet.com/Eye-Phone-Security-Retinal-Scanner/3010-31711_4-75175683.html

¹⁰ <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

the most natural interaction with the device, for the ability of seeing and touching it, this set-up is not as flexible as the former. It has important restrictions in the positioning of each one of the test elements. In addition, the user must always keep his view centered on the mobile device, a position that is no longer comfortable and flexible for the user. Figure 4 depicts this set-up.



Figure 4. The stand-alone eyetracker set-up shown in [11].

With this eyetracker equipment, technologically more potent than the eyetracker glasses, both qualitative and quantitative data can be obtained [11]. However, as in the case of eyetracker glasses, the limitations of reduced screens complicate the visualization of the interaction, without forgetting the handicaps of gaze data recording. Another problem is the high economic cost of the whole equipment. Moreover, both set-ups are complicated to arrange because of its build complexity [11].

There is a smaller version of this type of eyetracker called FaceLAB¹¹. FaceLAB not only monitors gaze direction and eye closure, but also facial gestures and head position. It has the same problems as the stand-alone version, but it can be mounted in indoor and outdoor environments, such as cars, cockpits or cabins.

2.2.3 Desktop Monitor-based Eyetrackers

The desktop monitor-based eyetracker consists in a desktop screen that includes all the eyetracking equipment, incorporated video camera and infrared light sensors. This equipment allows a high degree of head movement, and the software records all the mouse inputs and keyboard interaction. The user interaction is completely recorded, so there is no need for an external camera.

Unlike the equipment presented above, it has a high degree of accuracy and quality of recording when tracking the eye. Among other things, the user has a larger screen size where eyes require extensive movements. Reliability in research results regarding gaze data is ensured. Moreover, being a computer screen, it is easier for the user to focus on the screen. Figure 5 shows a model.



Figure 5. Tobii's desktop monitor-based eyetracker¹².

So far, two different set-ups and methodologies for desktop eyetracker have been developed for mobile devices: (1) the emulator set-up; and (2) the configuration known as the below table set-up. Both of them are detailed in the following sections.

2.2.3.1 Emulator Set-up

The emulator set-up involves installing an emulator in the eyetracker computer for the target smartphone, so that the user

¹¹ <http://www.seeingmachines.com/product/facelab/>

¹² <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-t60t120-eye-tracker/>

interacts with it as if it was a common computer application. Figure 6 shows a capture from an emulator.



Figure 6. Screenshot of an Android emulator display.

This is the simplest way of carrying out eyetracking tests for mobile interfaces. Accurate and significant qualitative and quantitative eyetracking data can be collected, as it brings into play all the eyetracking potential, including the possibility of logging clicks [11]. However, there are various problems.

First of all, the user does not interact with the mobile device itself, but with an emulator, which makes the interaction unnatural. So this kind of testing cannot provide feedback on how users would interact with the actual three-dimensional device. Instead of using the interaction style from the device, the user interacts with the keyboard and mouse. It is worth mentioning, however, that this set-up can be combined with a touchscreen overlay to provide a more natural interaction, as explained in [11]. Secondly, many emulators are slower than the device itself, since they consume machine resources, while the computer machine is also supporting the eyetracker software. This can lead to latency issues. Thirdly, the visualization of emulators has certain limitations regarding the screen display. The user is viewing a window with approximately the same size as the mobile screen, but it is farther away than the device itself if the user was using it. Opting for scaling the display size incurs in more computing resource consumption, and hence problems of latency.

Finally, it is worth mentioning the lack of realism in the use of emulators. An emulator is just pretending, not actually running, the hardware and software abilities and constraints unique to a given device. To ensure that a certain application works as expected on a certain device, it is required to test it on the actual hardware whenever possible. Actually, this option is only recommendable to test applications during their development, before moving onto physical devices.

2.2.3.2 The Below Table Set-up

This set-up consists in installing a foot under the table on which the mobile device lies, along with a camera that monitors onto the eyetracker screen all the actions being undertaken by the user with the device. Figure 7 depicts this set-up.



Figure 7. The Below table set-up showed in [11].

As in the previous case, using this set-up both significant qualitative and quantitative data can be obtained, as it brings into play all the eyetracking potential [11]. However, there are also some complications regarding the user interaction.

The first inconvenience is that although the user interacts with the mobile device itself, what makes this set-up very natural in terms

of physical interaction, he stays in an uncomfortable and unnatural position. The user must keep his hands under the table all the time. It must also be taken into consideration the discomfort caused by visualizing all the changes performed on the device's screen by means of a camera capture on the eyetracker monitor. The user's natural tendency is to look directly at the device. This fact can lead to the user looking away from the eyetracker monitor, looking for the device in his hands under the table. This problem is referred to as unnatural visual interaction with the device in [11]. It is well-known that having to work with a capture of the device from a video camera consequently introduces major limitations regarding size, resolution and image quality.

Moreover, such as in the case of the stand-alone set-up, it is quite complex to carry out. On the one hand, it is necessary to modify the set-up according to every user needs, and configuring it to prevent light sources from causing reflections on the screen. On the other hand, users need to have previous training, as stated in [11], regarding the coordination of their fingers in relation to the feedback from the camera. For these reasons, users must first be properly informed of the inconveniences before starting the test.

3. PROPOSED METHOD FOR QUANTITATIVE MOBILE USABILITY TESTING BASED ON DESKTOP EYETRACKING TECHNIQUES

The last section has presented existing problems in the application of eyetracking techniques in mobile usability testing. The factors exposed highlight a remarkable need for further technological improvement in eyetracking techniques and equipment specific for mobile devices. The most worrying point is ensuring reliability in quantitative data regarding users' visual behaviour.

Equipment and techniques presented in sections 2.2.1 and 2.2.2 give a more natural interaction between the participants and the mobile device. However, these set-ups are not enough flexible and do not facilitate reliable quantitative data acquisition.

The desktop monitor-based eyetrackers are the most reliable in order to acquire both quantitative and qualitative data, as shown in section 2.2.3. Nevertheless, both set-ups presented have some difficult issues to be considered. The below table set-up implies great complexity of implementation. Furthermore, visual interaction for participants is complex and uncomfortable, even though the physical interaction with the device is natural. The emulator set-up offers a non-natural interaction, as well as a lack of realism and problems of latency.

Waiting for solid advances in this line of study, the present work proposes an agile and comprehensive method for both qualitative and quantitative mobile usability testing applying traditional desktop eyetracking techniques.

3.1 Description of the Method

The key point to obtain fully benefits from a desktop eyetracker is somehow facilitating a complete deployment of the mobile interface on the monitor, as realistically as possible. We are referring to displaying a live screencast of the mobile interface, and at the same time controlling it directly from the desktop, by using its input peripherals. This way is ensured that the participant remains looking at the eyetracker monitor during the ongoing testing, so that the application of the eyetracking techniques can be exploited. Screencasting must be obtained without incurring in time latency in the performance of the mobile interface.

A screencast is a live video projection of the interface shown on the mobile device screen, beyond possible simulations consisting in the use of emulators or virtual machines, generally subject to time latency problems.

Depending on the eyetracker desktop input peripherals operating during the test, we can put into practise different interaction styles (i.e. either the traditional mouse and keyboard style, or the modern touch interaction style). As the most common interaction style in smartphones is the touch screen interaction, the most appropriate is to enable the eyetracker monitor with this facility, thus making the interaction closer and more natural during the study. This is an important point to gain realism in the application of the proposed method in mobile usability testing. However, in this study carried out, participants used the mouse.

3.2 Software Requirements and Test Configuration

First of all, the study realized has been focused on the Android OS. The screencasting (i.e. the ability to display and control the mobile screen from desktop equipment) can be obtained using diverse software applications for Android OS.

Different alternatives have been studied, trying to choose the most appropriate. Finally, the *MyMobiler* software¹³ utility was selected. *MyMobiler* is an utility that requires Android OS version 2.2 or later (including version 4 x) and having the device rooted, which implies making root permissions available on the device. It allows connecting and controlling the device both, via the USB cable or via wifi, permitting in this last case remote control over the Android device. Due to the fact that mobility was not required in this experiment, the USB cable option was used.

There are different open-source alternatives to *MyMobiler* that also require root permissions. Some of them were discarded due to a slow refresh rate, which poses latency problems. There is also the possibility for making screencasting without rooting the device. Android 2.1 onwards supports an API called *MonkeyRunner*¹⁴. Using this API is possible to put together a small application that captures the screen and allows passing clicks and keystrokes to the device. Although this option can be a valid alternative when the device is not rooted, it requires more time consuming preparation. Another type of software that has also been tested is the use of a virtual machine for the Android OS. Nevertheless, virtual machines present similar problems to the emulator set-up: possibilities of latency during the tests, unnatural interaction and lack of realism.

As it has been previously stated, enlarging the display compared to the actual size of mobile devices screens helps getting accurate gaze data [11]. Keeping this in mind, one of the main requirements for selecting the screencast utility to be applied was the possibility of scaling the projection of the mobile interface. *MyMobiler* allows scaling it among diverse sizes, unlike some of the utilities tested, which were discarded.

Some previous preparations are required to apply the proposed method: (1) installing the *Android SDK*¹⁵; (2) installing *MyMobiler*; and (3) preparing the USB connection with the device. Once these steps are carried out, the equipment is ready.

¹³ <http://mymobiler.com/>

¹⁴ <http://developer.android.com/guide/developing/tools/MonkeyRunner.html>

¹⁵ Download in: <http://developer.android.com/sdk/index.html>

4. EXPERIMENTAL STUDY

In this section, an experimental study conducted to validate the presented method in the previous section is described. Once the experimental design and the procedure followed are described, the initial findings from the analysis are shown.

The starting point comes with two assumptions: (1) the quality of gaze data can be affected by variations in the size of projection; and (2) these variations can also affect users' performance in visual skill tasks. Note that in the second case the main purpose is to go further in verifying the proposed method, opening the door to visual cognition studies, which search the impact that variations in the projected image have in the users' visual performance.

During the experiment, data regarding these two points was collected. In particular, for assumption (1) two eyetracking metrics have been involved in our analysis: the fixation duration mean and the number of fixations. For the assumption (2) have been registered some values regarding the completion time in the execution of a certain visual task, which is presented below, as well as other variables related to participants' visual skill.

The present paper is focused on a first validation of the proposed method regarding the first assumption.

4.1 Participants

To recruit participants in the experiment, no specific user profile was selected. Rather, the intention was to recruit a varied sample as much as possible in terms of age, gender, visual condition and their experience with smartphones usage. Before the experiment, a demographic questionnaire was filled in by the participants to gather these pieces of information. Forty two participants took part in the experiment. They were between 17 and 54 years old (31 in average). There were 28 men and 14 women. All the participants, except 9, use smartphones. Moreover, 27 participants do not have any visual disorder and do not need to wear glasses. From the rest of participants, 6 have myopia, 2 astigmatism, 1 hyperopia and 6 of them a combination of them, including presbyopia. After analyzing the results, no participant was filtered out and all of them obtained a correct calibration.

4.2 Experimental Design

First of all, in order to properly present the experimental design applied, the interactive supports employed along the experiment are explained and justified. Due to the fact that the eyetracker equipment used in this experiment was not provided with the touch screen overlay complement, the participants used the mouse to interact with the mobile interface. This limitation was overcome by introducing another stage in the experiment with another interactive support: a desktop touch screen. This decision was made with the aim of homogenizing the interaction style between the physical device and the mobile interface projection, providing a more faithful interaction experience. In addition, the desktop touch screen showed a more agile response time than the eyetracker equipment. This fact also helps in equating times between a desktop support and a mobile device.

Completion time data was extracted, then, from the desktop touch screen in order to be contrasted with those from the mobile device during the performance of visual skills. The goal is to determine which projection size in the touch screen is closer to the physical device in terms of visual skill performance, in response to the second assumption. Consequently, the eyetracker was only focused on registering the visual behaviour from participants, not their ability for completing the task. Therefore, gaze data and

visual performance tasks need to be analysed by a separated study and then confronted each other in order to establish a correlation.

Definitively, the experiment consisted of three different stages with a different interactive support in each: (1) the desktop eyetracker; (2) the desktop touch screen; and (3) the mobile device. Table 1 shows the screen features for the three supports employed in the experiment.

Table 1. Screen Specs

Interactive Support	Screen Size	Screen Resolution
HTC Desire ¹⁶	93,98 mm	480x800 WVGA
Sony VAIO SJ ¹⁷	546,1 mm	1920x1080 pixels
Tobii ET T120 ¹⁸	431,8 mm	1280x1024 pixels

In the case of the desktop equipment –(1) and (2)–, participants performed the task with three projection sizes, which correspond to the following increments on the real device screen: 32,6 mm., 95,2 mm. and 161,5 mm. respectively for sizes x1, x2 and x3 (increased on average by 96,4 mm.). Therefore, the experimental task was repeated seven times: one on the mobile device, and three (one for size) on each desktop support.

According to the variables presented above, a nested 2-factor experimental design with repeated measures or within-subject was chosen. Factor A refers to the type of interactive support with which participants executed the experimental task. Factor B refers to different projection sizes of the interface, as shown in Table 2.

Table 2. Experimental Design

Factor B.	Factor A.		
	a1. Eyetracker	a2. Touch screen	a3. Mobile phone
b1. Reference size			Y ₃₁
b2. Size 1	Y ₁₂	Y ₂₁	
b3. Size 2	Y ₁₃	Y ₂₃	
b4. Size 3	Y ₁₄	Y ₂₄	

To control the external effects, such as learning effect, attributable to within-subject designs, we established several experimental control mechanisms: (1) random variations in the order of use of each one of the interactive supports (Factor A); and (2) random variations in sizes of projection (Factor B).

Finally, participants were asked to fill in a questionnaire in order to find out with which projection size they felt more comfortable.

4.3 Procedure

One of the goals set during the study was to verify the suitability of this method through external validity criteria. These criteria seek establishing a correlation between eyetracking measures and visual performance tasks. Keeping these objectives in mind, an application for Android OS based on location strategies and visual exploration consisting in locating a visual target stimulus from an array of distracting stimuli was designed. To be more precise, the goal is finding a unique letter hidden in a six per six matrix of numbers over a given number of times (essays) in each execution of the task. Distracting stimuli are the random arrays of numbers, and the target stimuli are the unique letter, whose position in the

¹⁶ <http://www.htc-desire.es/htc-desire/>

¹⁷ <http://www.sony.es/product/vd-j-series>

¹⁸ http://www.tobii.com/Global/Analysis/Downloads/User_Manual_s_and_Guides/Tobii_T60_T120_EyeTracker_UserManual.pdf

matrix is also random. This application was the experimental task assigned to the participants.

Each cell of the matrix is framed by selectable buttons. Thus, pressing a button causes stepping to the next essay, and registering the corresponding success or error. At the end of each test, a complete log of the times taken in each essay, in conjunction with a summary of successes and errors, is displayed and also sent via e-mail in csv (comma-separated values) format.

4.4 Analysis from Initial Findings

In this section initial findings regarding the first assumption are presented. First of all, qualitative results regarding the quality of gaze data are examined by comparing saccade paths for the three projection sizes from a same participant. Figure 8 shows them.

As it can be observed, it is the largest projection -Figure 8-(a)- that better depicts saccades from the participant. In effect, lines that represent saccades are clearly distinguishable, unlike in the smallest projection -Figure 8-(c)-, in which lines are difficult to see and follow. In correspondence with these observations, and as it also can be observed in Figure 8, (a) *the smaller the projection is, the longer the fixation duration mean* (greater circles for fixations). According to this, (b) *the smaller projection has less number of fixations than the other two ones*. These observations are consistent with literature [11]: in the smallest projection participants required less eye movement to be able to find the letter. This confirms that they were able to get an accurate image of approximately a quarter of the display with a unique fixation. Figure 9 shows the results of the means for both measures applied to each group. Groups are obtained by the whole sample – the forty two participants- for each projection size.



Figure 8. Saccade paths from a participant.

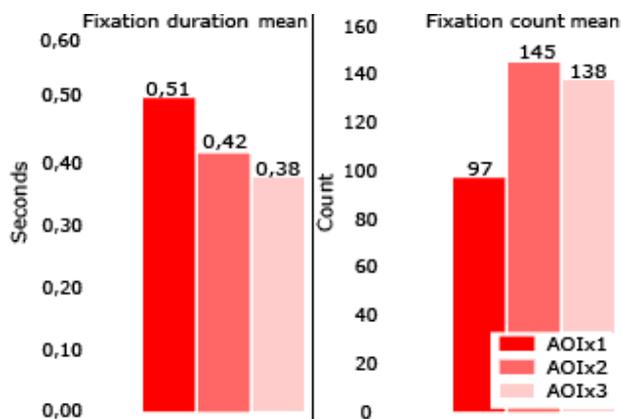


Figure 9. Group means for the eyetracking metrics analyzed.

Apparently, results are the ones expected. However, to support both observations, an analysis of variance (ANOVA) has been chosen. For that, the two statements announced above -(a) and (b)- have been the two hypotheses for the study. They are related to the two eyetracking metrics involved in the first assumption. They are referred as H_1 and H_2 respectively henceforth.

On the one hand, regarding the fixation duration mean metric (H_1), statistically significant differences were found ($F=15,715$; $p<0,05$). Therefore, we can conclude that variations in the projection sizes influence on the fixation duration mean (see Table 3-(a)).

On the other hand, in the case of H_2 , statistically significant differences between group means also were found ($F=7,075$; $p<0,05$). Then, variations in the projection sizes also influence on the number of fixations (see Table 3-(b)). Results were obtained by the SPSS software.

Table 3. Results of eyetracking metrics for ANOVA

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Fixation Duration Mean (a)	Between Groups	0,327	2	0,164	15,715	0,000
	Within Groups	1,280	123	0,010		
	Total	1,607	125			
Number of Fixations (b)	Between Groups	55 839,30	2	27 919,65	7,075	0,001
	Within Groups	485 404,64	123	3 946,379		
	Total	541 243,94	125			

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The great impact in the use of mobile devices in daily life reveals the need for defining effective mobile usability testing. In particular, eyetracking techniques have some crucial problems regarding physical device limitations. An alternative method has been proposed based on desktop eyetracker. The method consists in an evaluation set-up and a set of recommendations. An experiment has been conducted in order to collect quantitative data and validate the method. The aim was obtaining results consistent with literature [11]. Hypotheses H_1 and H_2 , related with two eyetracking metrics, were consequently formulated.

An analysis of variance (ANOVA) test has been conducted for both variables involved. It determines that there are statistically significant differences between group means in both cases. These results conclude that the quality of gaze data is affected by variations in the size of projection, as enunciated in the first assumption. To be more precise, enlarging the projection size the visual behaviour from participants can be studied in a greater level of detail. In effect, providing a major number of fixations with shorter gaze duration along the development of a same task gives a more precise data information in the obtaining of visual details. Furthermore, the study of eye movement, depicted by the saccade path instrument, gets richer. Therefore, one of the conclusions of this paper is that the method proposed seems to be a valid way to overcome the lack of quality in gaze data that most existing eyetracker equipment for mobile devices show up.

These are the initial findings, which validate the method proposed. In order to obtain concluding results in the line of determining the optimal size (x_2 , x_3 or some other between them)

in terms of effectiveness in this kind of studies, a further analysis is required. For that, it is planned two further analyses. First of all, a multiple comparisons post hoc test for both metrics in order to determine which means cause the differences between groups. In particular, the differences between means in the groups formed by x2 and x3 projection sizes for the number of fixations metric is especially interesting to study. The aim is finding out more about the tendency presented in Figure 9: major number of fixations for the x2 projection size than for the x3 size. Depending on the results of this post hoc test, another experimental study is likely to be held applying these two projection sizes. Some variations in the experimental design are being planned in the line of controlling some extra external variable, and thus, conducting a further study between these two projected sizes.

Secondly, a statistic analysis regarding the second assumption is also being run, as the second part of this study. The goal is studying how variations in the projection sizes can affect users' performance in visual skill tasks. This study will help in verifying the suitability of this method through external validity criteria. Finally, a study of correlation between eyetracking measures with those obtained from visual skill data is going to be done.

Comparing the proposed method with the practices analysed in section 2 in relation to the applicability and efficiency of the method, two aspects are worth of outstanding. First of all, there is a compromise between efficiency and naturality in the use of the mobile device. Lack of naturality is commonly referred to a lack of a real experience with the physical device, as in the case of set-ups based on emulators. The proposed method prioritizes efficiency. Moreover, the impact from lack of naturality is partially compensated by using the software utility proposed, as well as a touch overly complement. In this sense, an added value is introduced, as the method gains in visual realism. Another conclusion extracted from the comparative study realized is that there is a compromise between introducing mobility variables and equipment accuracy. Nevertheless, as the software utility employed in the method also allows wifi connection, it is possible to conduct usability testing in real environments without losing the control and accuracy from laboratory.

Overall advantages for proposed method, some of them derived from using the desktop equipment, are the following: (1) accuracy and reliability in measuring; (2) non-intrusiveness for the user, as it records in a discrete way; (3) simplicity in preparing the set-up, as it does not require external tools nor complicated configurations, what ensures an agile method, and thus adapted to current demands; (4) flexibility for field testing implementation, as it enables mobility without losing control from laboratory; (5) comfortability for the user during the test, as well as certain freedom of movement; (6) realism; (7) integration with other software and objective measurements, such as those related to performance (e.g. inputs logs), which are fundamental to contemplate approaches based on the effectiveness and efficiency parameters (ISO 9241:11); and (8) comprehensiveness, as it allows registering qualitative and quantitative data. Furthermore, scaling the mobile interface also helps incrementing comfort for users, as it was confirmed in the final questionnaire.

Regarding the agility in the application of the method, it is highly integratable in UCD (User Centered Design) processes, not only because it offers a "light" method, but also because it can be applied since the early stages in development.

To conclude, even though the method needs further analysis, it provides a good starting point towards its validation as a

comprehensive and agile method for quantitative mobile usability testing, which presents numerous benefits.

As further work, new explorations in mobile usability testing are planned to be covered. On the one hand, the proposed method opens the door to new types of devices, such as tablets. On the other hand, it is planned to apply this method in the implementation of field tests in real scenarios.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors want to thank all the users, whom have helped immensely with their participation in the data collection. This work has been partially funded by Spanish Ministry of Science and Innovation through TIN2008-06596-C02-01 research project.

7. REFERENCES

- [1] Been-Lirn Duh, H., C. B. Tan, G. and Hsueh-hua, V. 2006. Usability Evaluation for Mobile Device: A Comparison of Laboratory and Field Tests. *Proc. MobileHCI'06.*, 181-186.
- [2] Brone, G., Oben B. and Goedeme, T. 2011. Towards a more effective method for analyzing mobile eye-tracking data: integrating gaze data with object recognition algorithms. *Proceeding of PETMEI'11* (Beijing, China, 2011), 1-4.
- [3] Cheng, S. The Research Framework of Eyetracking Based Mobile Device Usability Evaluation. *Proceeding of PETMEI'11* (Beijing, China, 2011). ACM, 21-26.
- [4] Elzakker, C., Delikostidis, I. and Oosterom, P. 2011. Field-Based Usability Evaluation Methodology for Mobile Geo-Applications. *The Cartographic Journal*, 45 (2), 139-149.
- [5] Gartner Inc. Report. "Market Share: Mobile Devices by Region and Country, 4Q11 and 2011". Available online: <http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=clientFriendlyUrl&id=1923316>. [Accessed February 2010]
- [6] Kaikkonen, A., Kallio, T., Kekäläinen, A., Kankainen, A. and Cankar, M. 2005. Usability testing of mobile applications: A comparison between laboratory and field testing. *Journal of Usability Studies*, 1(1), 4-16.
- [7] Kjeldskov, J. Graham, C., Pedell, S., Vetere, F., Howard, S., Balbo, R. and Davies, J. 2005. Evaluating the Usability of a Mobile Guide: The Influence of Location, Participants and Resources. *Journal of the Behavior and Information Technology*, 24. 51-65.
- [8] Miluzzo, E., Wang, T. and Campbell, A.T. 2010. EyePhone: Activating Mobile Phones With Your Eyes. In *MobiHeld 2010*. (New Delhi, India, 2010). ACM, 15-20.
- [9] 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. In *NordiCHI'06*, (Oslo, Norway, 2006). ACM, 272-280.
- [10] Poole, A. and Ball, L. J. 2007. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects, in Ghaoui. *Encyclopedia of Human Computer Interaction*. Ed. Idea Group, UK.
- [11] Tobii Technology. WhitePaper: Using Eye Tracking to Test Mobile Devices. What to consider and how to set it up. Available online: http://www.tobii.com/Global/Analysis/Training/WhitePapers/Tobii_Using_EyeTracking_to_Test_Mobile_Devices_WhitePaper.pdf [Accessed January 2010].

Sistemas Adaptativos

Mecanismos de Adaptación basados en Propiedades de Calidad: Un Caso de Estudio de un Servicio de Localización *

Tomás Ruiz-López, Carlos Rodríguez-Domínguez, Manuel Noguera,
María José Rodríguez, José Luis Garrido
Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos
Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n
18.071 Granada
{tomruiz, carlosrodriguez, mnoguera, mjfortiz, jgarrido}@ugr.es

ABSTRACT

La satisfacción de los Requisitos No Funcionales (NFR) en Sistemas de Computación Ubicua resulta de crucial importancia para garantizar el éxito en el desarrollo de dichos proyectos. Sin embargo, la gran variedad de soluciones existentes, cada una con propiedades de calidad diferentes, junto con la variabilidad de los entornos, hace que el diseñador se enfrente a una tarea complicada para garantizar su cumplimiento.

En este artículo se presenta la necesidad de una solución de diseño que permita la reconfiguración para lograr un conjunto de adaptaciones, para el caso de un servicio de localización, con el objetivo de cumplir los NFR que se requieren en cada momento. Se ilustra la propuesta mediante un ejemplo de aplicación donde se plantean diferentes escenarios junto con las correspondientes adaptaciones que deberían tener lugar.

Categories and Subject Descriptors

D.2.1 [Software Engineering]: Requirements/Specification—*methodologies, tools*

General Terms

Requirements

Keywords

requisitos no funcionales, computación ubicua, sistemas conscientes del contexto, posicionamiento en interiores, adaptación

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la informática ha evolucionado desde sus aplicaciones iniciales orientadas a realizar tareas repetitivas y de almacenamiento de datos sobre máquinas enormes, empleadas por varias personas, hasta la era de los ordenadores personales (PCs) que existen actualmente en la mayoría de los hogares. A partir de este punto, ha comenzado una tercera era, diferenciada y conocida como la era de la **Computación Ubicua** (figura 1).

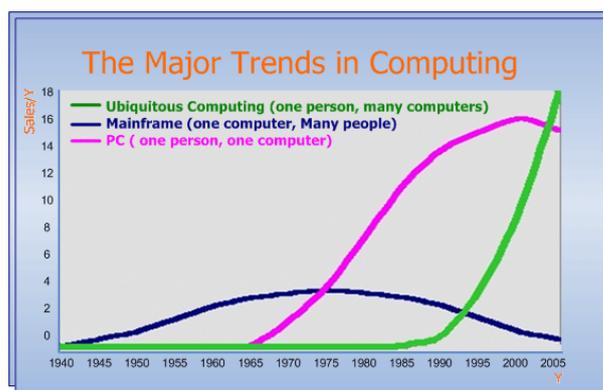


Figure 1: Evolución de las diferentes etapas de la informática. Imagen de Xerox PARC.

La **Computación Ubicua** (*Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, everywhere*) es un **Paradigma de Interacción Persona-Ordenador** que está ganando cada vez mayor aceptación gracias a los recientes avances dentro de este área en los últimos años (desarrollo de tecnologías móviles, avance de Internet, aparición de numerosos sensores y actuadores, implantación de entornos inteligentes, etc.).

Fue descrita por primera vez por Mark Weiser en 1991 [28]. Uno de sus objetivos más importantes es la integración de dispositivos computacionales en el mayor grado posible, de manera que se mezclen en la vida cotidiana y que permitan a los usuarios centrarse en las tareas que deben realizar

en lugar de hacerlo en las herramientas que deben emplear. Enviar la computación a un “segundo plano” implica (i) la integración de la tecnología en los objetos de la vida diaria, y (ii) la no interferencia de dichos elementos en las actividades para las que son usados, proporcionando un uso más cómodo, sencillo y útil de los mismos.

El diseño de Sistemas para Computación Ubicua supone un reto para los Ingenieros de Software. En la bibliografía pueden encontrarse numerosos desarrollos en ámbitos como turismo [1], *e-Learning* [17] o *e-Health* [9]. Sin embargo, estos desarrollos se centran fundamentalmente en los aspectos funcionales o en la incorporación de la última tecnología, relegando a un segundo plano los **Requisitos No Funcionales** (NFR). El cumplimiento de este tipo de requisitos, tales como la usabilidad o la eficiencia, resulta crucial para que el resultado del proyecto sea exitoso.

Sin embargo, la satisfacción de los NFR no es trivial; la heterogeneidad de alternativas tecnológicas existentes, junto con la variabilidad de los entornos de Computación Ubicua, dificultan en gran medida la toma de decisiones que puedan satisfacer los NFR. Además, la prioridad que recibe cada uno de ellos puede cambiar a lo largo de la ejecución del sistema, forzando al diseñador a tomar decisiones de compromiso para su cumplimiento [24].

Para tratar de paliar estos efectos, en este artículo se propone la incorporación de mecanismos de adaptación en diferentes niveles. Para ilustrar la propuesta, se emplea el caso de estudio de un Servicio de Localización que ha sido desarrollado dentro de nuestro grupo de investigación, y que constituye un ejemplo representativo de un sistema ubicuo.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente forma: en la Sección 2 se presentan las razones que motivan la realización del presente trabajo. Posteriormente, en la Sección 3 se presentan los diferentes aspectos de un Servicio de Localización que son susceptibles de adaptación, así como los mecanismos que se han incorporado para realizar las diferentes adaptaciones. Para ilustrar las adaptaciones, en la Sección 4 se presenta un ejemplo donde se realiza la adaptación del Servicio de Localización en base a los NFR que se demandan en cada momento. Por último, en la Sección 5 se presentan las principales conclusiones, así como las líneas de trabajo futuro que se están considerando.

2. MOTIVACIÓN

Los **Requisitos No Funcionales** (*Non-functional Requirements*, NFR) determinan en gran medida la calidad de los sistemas [18], y esto es también relevante en el ámbito de la Computación Ubicua dadas sus características especiales, pocos trabajos existen en la bibliografía que permitan tratar de manera sistemática los NFR en Sistemas Ubicuos [8, 24]. Algunos de estos requisitos que cobran un papel importante son:

- **Invisibilidad – Transparencia:** uno de los principales requisitos de la Computación Ubicua tal y como fue definida por Mark Weiser [27] implica la invisibilidad de la tecnología y su uso de manera transparente, es decir, los usuarios no deben necesitar centrar toda su
- concentración en el manejo del dispositivo ni éste debe perturbar la realización de otras tareas por parte de aquéllos.
- **Usabilidad:** en relación con el punto anterior, los Sistemas Ubicuos deben ser muy sencillos de utilizar por parte de los usuarios, por lo que debe diseñarse muy cuidadosamente el método de interacción que debe emplearse para interactuar con el sistema [11].
- **Privacidad – Seguridad:** habitualmente los Sistemas Ubicuos tratan con información sensible perteneciente a los usuarios, como puede ser su localización. Si este tipo de datos se ven expuestos, la privacidad, la intimidad y la seguridad de los usuarios se puede ver comprometida. Aunque algunos autores confían en una implementación responsable por parte de los desarrolladores para evitar este tipo de problemas [2], es necesaria la aplicación de diversas técnicas que permitan obtener sistemas seguros y que respeten los derechos fundamentales de los usuarios.
- **Eficiencia:** con el objetivo de obtener sistemas altamente interactivos y de tiempo real (por ejemplo, para realizar tareas de monitorización), la eficiencia de este tipo de sistemas debe tenerse en cuenta, haciendo uso de ciertas arquitecturas, tomando decisiones de diseño y creando algoritmos que garanticen un bajo tiempo de respuesta [13].
- **Robustez:** los entornos en los que se implantan los Sistemas Ubicuos presentan un reto a los Ingenieros de Software por la cantidad de situaciones inesperadas que pueden ocurrir, las cuales pueden llevar al sistema diseñado a un estado erróneo o inconsistente, causando una mala experiencia de usuario. De esta forma, los sistemas diseñados deben ser altamente robustos para reaccionar apropiadamente ante las situaciones adversas que puedan ocurrir [20].
- **Escalabilidad:** para construir Sistemas Ubicuos a gran escala no es suficiente el empleo de una infraestructura de provisión de servicios a gran escala, sino que adicionalmente es necesario el diseño de mecanismos de integración para hacer que el acceso heterogéneo a los diferentes servicios proporcionados sea transparente a los Sistemas Ubicuos [4]. Es necesario diseñar sistemas que puedan dar servicio a una demanda de usuarios cada vez más creciente y en un área de extensión mayor.
- **Precisión:** la aceptación de un Sistema Ubicuo por parte de un usuario radica en gran medida en la capacidad de éste de proporcionar los servicios y contenidos deseados por el usuario en cada momento con gran precisión. La provisión de esta información de manera incorrecta y reiterada puede frustrar al usuario y provocar su rechazo hacia el sistema diseñado. Adicionalmente, es necesario contar con información precisa dado que este tipo de sistemas son proactivos; es decir, reaccionan realizando diferentes acciones partiendo de una información precisa [26].
- **Reutilización:** la variabilidad y heterogeneidad de entornos existentes donde pueden implantarse Sistemas Ubicuos dificulta en gran medida el diseño de software que puede reutilizarse, especialmente dado que

muchos de estos sistemas se diseñan *ad hoc* para el entorno en el que se van a aplicar. Por tanto, es necesario realizar un esfuerzo en el diseño de este tipo de sistemas para facilitar su reutilización bajo circunstancias diferentes [23].

- **Mantenibilidad:** en relación con el punto anterior, un diseño *ad hoc* puede dar lugar a numerosas versiones de un mismo sistema o servicio, de manera que la proliferación de los mismos pone en peligro la facilidad de mantenimiento del software desarrollado, aumentando los costes asociados a esta tarea [19].

No obstante, existen ciertos NFR que no pueden satisfacerse al mismo tiempo. Por ejemplo, si se trata de potenciar la seguridad del sistema mediante el empleo de técnicas de encriptación y el uso de contraseñas para controlar el acceso, podríamos degradar la eficiencia del sistema (más tiempo para procesar la encriptación y desencriptación) y la usabilidad (el sistema ubicuo estaría pidiendo al usuario sus credenciales para realizar las acciones, lo cual también dificulta el NFR de transparencia). Así, deben adoptarse soluciones de compromiso (*tradeoffs*) que permitan garantizar el cumplimiento de los requisitos en un cierto grado que resulte admisible sin que ninguno se vea completamente perjudicado.

Adicionalmente, la prioridad que recibe cada uno de los NFR en un Sistema Ubicuo no es fija a lo largo de la ejecución del sistema, sino que responde a cambios en el contexto del usuario [25]. Por tanto, y teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, es necesario incorporar mecanismos de adaptación que permitan ajustar los sistemas ubicuos a las circunstancias contextuales que los rodean, de manera que se mantenga siempre una alta calidad [5]. Dada la importancia de los NFR en este tipo de entornos, las adaptaciones que se realicen deben ir guiadas por la satisfacción de los mismos.

Así, distinguimos dos tipos de adaptación:

- **Adaptabilidad:** es la propiedad de un sistema que permite reconfigurarlo de manera sencilla previo a su puesta en marcha.
- **Adaptatividad:** es la propiedad de un sistema que permite la realización de modificaciones en su estructura interna y sus componentes en tiempo de ejecución.

En la siguiente sección se presentará un caso de estudio donde se tratan de analizar las posibles adaptaciones que pueden realizarse en un Servicio de Localización. Dicho servicio trata de dar soporte a sistemas basados en la localización (*Location-based Systems*, LBS) y sirve como base para construir sistemas conscientes del contexto (*Context-aware Systems*).

3. ADAPTACIÓN EN UN SERVICIO DE LOCALIZACIÓN

El caso de estudio propuesto consiste en un Servicio de Localización híbrido que trata de dar soporte al posicionamiento de usuarios tanto en exteriores (mediante el uso del Sistema

de Posicionamiento Global, GPS, y sus derivados) como en interiores (mediante el uso de otro tipo de técnicas).

El análisis de este tipo de sistemas muestra la amplia variedad de opciones existentes en cuanto a configuraciones del sistema, despliegues, algoritmos de posicionamiento o tecnologías [23]. Cada una de estas decisiones tiene unas implicaciones en la satisfacción de los NFR; por tanto, su elección debe realizarse de manera cuidadosa para garantizar el cumplimiento de las propiedades de calidad que se esperan del sistema.

Existen numerosos aspectos susceptibles de adaptación en este tipo de sistemas. La incorporación de dichos mecanismos de adaptación junto con un cuidadoso análisis de las propiedades de calidad de cada una de las alternativas proporciona un alto nivel de calidad al sistema diseñado. La tabla 1 muestra un resumen de los diferentes aspectos susceptibles de adaptación, las alternativas existentes y los NFR que se ven implicados por la selección de cada una de las alternativas.

En las siguientes subsecciones se describen las posibles adaptaciones que pueden llevarse a cabo en diferentes niveles del servicio de localización, junto con el impacto que tienen en los NFR. La Figura 2 muestra un diagrama general de los módulos funcionales que se tratan a continuación y que típicamente incluye un servicio de localización [23].



Figure 2: Módulos existentes en el Servicio de Localización.

3.1 Adaptación en la Interfaz del Servicio

El objetivo fundamental del diseño de este Servicio de Localización es proporcionar un soporte reutilizable que permita el desarrollo de otros servicios o sistemas que hagan uso de él sin conocer los detalles internos sobre el cálculo de la ubicación del usuario; es decir, se desean potenciar la reusabilidad y la abstracción.

Para ello, el servicio ha sido diseñado en el marco de una Arquitectura Orientada a Servicios (*Service-Oriented Architecture*, SOA) [10]. Sin embargo, dada la variedad de opciones que existen para la implementación de SOA, se ha optado por realizar un encapsulamiento del servicio de manera independiente de la tecnología final que se va a utilizar, desacoplándolo del software que manejaría la interacción con servicios en el exterior. Así, el servicio puede ser accedido mediante el empleo de diferentes tecnologías, tales como WSDL [7] o OWL-S [16], lo que facilita su reutilización y su integrabilidad en diferentes plataformas SOA.

Aspecto	Alternativas	Requisitos No Funcionales
Interfaz del servicio	Diferentes implementaciones SOA: WSDL, OWL-S. . .	Reusabilidad, Interoperabilidad, Transparencia, Abstracción
Configuración del servicio	Basada en red, Basada en Terminal, Asistida por Terminal	Reusabilidad, Escalabilidad, Privacidad, Seguridad, Coste energético, Eficiencia, Transparencia
Método de posicionamiento	Triangulación, Proximidad, Extrapolación, <i>Scene Analysis</i>	Precisión, Eficiencia, Extensibilidad, Reusabilidad, Robustez, Escalabilidad
Tecnología de posicionamiento	Infrarrojos, Ultrasonidos, Inerciales, Radio Frecuencia	Precisión, Eficiencia, Coste económico, Coste energético, Escalabilidad, Robustez, Transparencia, Aceptación del usuario, Reusabilidad
Comunicaciones	Diferentes soluciones middleware: BlueRose, CORBA, RMI. . .	Eficiencia, Seguridad, Privacidad, Estandarización, Interoperabilidad, Transparencia
Almacenamiento de información	Diferentes soluciones de almacenamiento: Bases de Datos, XML, texto plano. . .	Eficiencia, Coste

Table 1: Resumen de los principales aspectos susceptibles de adaptación en un servicio de localización, junto con las posibles alternativas existentes y los NFR implicados en su selección.

3.2 Adaptación en la Configuración del Servicio

Los sistemas de localización pueden ser desplegados en tres configuraciones posibles [12]:

- **Configuración basada en red:** el dispositivo que debe ser localizado es detectado por los elementos de la red, los cuales son los encargados de realizar el cálculo de la posición.
- **Configuración basada en terminal:** el dispositivo que debe ser localizado emplea información proveniente de la red y realiza el cálculo de su propia ubicación.
- **Configuración asistida por terminal:** el dispositivo que debe ser localizado captura información proveniente de la red, la envía a un servidor dedicado a calcular la ubicación, y la recibe de vuelta.

Cada una de estas configuraciones presenta diferentes valores para las propiedades de calidad, de manera que su elección deberá realizarse teniendo en cuenta las características que se requieran por parte de la aplicación final que vaya a hacer uso del servicio.

No obstante, el servicio de localización debe ser capaz de ser desplegado en cada una de estas configuraciones. Así, analizando cada una de las configuraciones, se ha tenido en cuenta que existen dos módulos bien diferenciados en ellas: un módulo para obtener mediciones de la red y un módulo para realizar el cálculo de la posición. De esta forma, con el correcto desacoplamiento entre dichos módulos, pueden desplegarse bien en el terminal, bien en la red, de manera que conseguimos la adaptabilidad del sistema respecto a la configuración del mismo.

Además, dichas configuraciones pueden ser modificadas en tiempo de ejecución. En efecto, supongamos que se parte de una configuración basada en terminal, donde el propio dispositivo es el encargado de realizar su cómputo. Esta configuración tiene un coste energético mayor, puesto que el dispositivo tiene que realizar una tarea de cálculo intensiva. Si se llegase a una circunstancia en la que se desea ahorrar consumo de batería, podría lanzarse una adaptación que permita cambiar a una configuración asistida por terminal, donde el dispositivo delega el cálculo de la localización a un servidor, reduciendo así el consumo de batería a costa de incrementar el tiempo de procesamiento de una localización.

3.3 Adaptación en Medición y Cálculo de la Posición

La elección del algoritmo y la tecnología de posicionamiento en un servicio de localización es uno de los aspectos donde más variedad de opciones existen. En cuanto a algoritmos de posicionamiento, contamos con multitud de posibilidades agrupadas en cuatro categorías: Triangulación, Proximidad, Extrapolación y *Scene Analysis*. Respecto a tecnologías de posicionamiento, existen: Infrarrojos, Ultrasonidos, Inerciales y Radio Frecuencia [23].

Cada una de estas técnicas presenta unas propiedades de calidad diferentes; no obstante, la mayor diferencia existente entre ellas responde al compromiso existente entre dos NFR: precisión y eficiencia. Típicamente, cuando aumenta la precisión proporcionada por una técnica de posicionamiento, se requiere un mayor tiempo de procesamiento, por lo que la eficiencia se ve reducida. Otros parámetros de calidad que habitualmente se ven influidos por esta elección son el coste económico (coste de los dispositivos, mantenimiento, instalación), consumo energético, escalabilidad o robustez.

Puesto que actualmente no existe técnica o tecnología de posicionamiento que proporcione las mejores prestaciones,

especialmente cuando se trata de localización en interiores, debe realizarse una selección de las mismas dependiendo de las propiedades de calidad que se deseen potenciar en cada momento [15]. De esta forma, algoritmos y tecnologías de posicionamiento se han encapsulado en componentes que comparten una misma interfaz, de tal manera que pueden ser añadidos, eliminados o sustituidos de forma sencilla sin impacto en el resto del sistema.

Dicha sustitución de algoritmos o tecnologías puede realizarse *a priori*, durante la configuración del servicio, o en tiempo de ejecución. En este último caso, el servicio monitoriza ciertas condiciones del entorno y cuenta con diferentes reglas que determinan la adaptación que debe realizar. Así:

- En un caso de emergencia, pueden seleccionarse, de manera dinámica, aquellas tecnologías o métodos de posicionamiento que proporcionen una alta precisión.
- Si se desea obtener una alta robustez, pueden combinarse diferentes tecnologías, de manera que en caso de que una de ellas falle, el sistema puede continuar funcionando.
- En caso de que el dispositivo se encuentre en una situación de bajos recursos energéticos, pueden desconectarse algunas de las tecnologías y emplear solamente aquellas que garanticen un bajo consumo de batería.
- Si lo que se pretende es un tiempo de respuesta muy bajo sin obtener una precisión muy alta, pueden seleccionarse aquellos algoritmos de posicionamiento cuyo procesamiento sea más sencillo.

La encapsulación de métodos y tecnologías de posicionamiento en componentes con interfaces comunes proporciona una mayor reusabilidad y extensibilidad del sistema, dado que si aparecen nuevas alternativas, pueden ser fácilmente incorporadas como nuevos componentes del sistema, siempre y cuando se realice su incorporación conforme a la especificación de la interfaz.

3.4 Adaptación en las Comunicaciones

Como se ha indicado en la sección 3.2, los módulos de obtención de información de la red y de cálculo de la localización pueden encontrarse desplegados en dispositivos diferentes dentro del sistema. Así, es necesario incorporar mecanismos de comunicación entre ellos.

En el ámbito de la Computación Ubicua existe una amplia variedad de middlewares orientados a incorporar servicios que permitan el desarrollo sencillo de Sistemas Conscientes del Contexto y proporcionan abstracciones sobre las comunicaciones. De igual manera, cada una de estas implementaciones presenta unas características de calidad (estandarización de protocolos, interoperabilidad, eficiencia, escalabilidad, seguridad en las comunicaciones, etc.) que deben ser estudiadas.

Al igual que en el resto de módulos del servicio de localización, el módulo de comunicación ha sido concebido de manera que se encuentre completamente desacoplado del resto

de módulos. Así, en dicho módulo pueden incorporarse diferentes soluciones existentes (BlueRose, CORBA, RMI, etc.) para realizar el intercambio de mensajes entre el resto de los módulos y seleccionar entre ellos dependiendo de los NFR que se quieran potenciar en cada momento [22].

3.5 Adaptación en el Almacenamiento de Información

Por último, los algoritmos de posicionamiento necesitan información sobre el entorno y el despliegue de dispositivos en la red para realizar el cálculo de la posición del usuario. Habitualmente, esta información se proporciona durante una fase inicial de entrenamiento del sistema, realizada entre su despliegue y su puesta en marcha. Dicha información debe incluir, al menos, la topología del entorno donde se implanta el sistema (plantas de un edificio, habitaciones existentes, barreras arquitectónicas) y la ubicación de los elementos de la red (e.g. transmisores de señal). Adicionalmente, las técnicas basadas en *Scene Analysis* se basan en la recopilación de *fingerprints* que caracterizan cada uno de los lugares que deben ser determinados, por lo que debe almacenarse información adicional.

Esta necesidad, junto al hecho de que existen diferentes configuraciones del sistema, impide que se pueda realizar el almacenamiento de los datos de una única manera. En efecto, si contamos con una configuración en la que el cálculo de la posición se realiza en un servidor, la información podría ser almacenada en una base de datos, dado que dicho dispositivo tiene capacidad de almacenamiento y procesamiento suficiente como para instalar un sistema de gestión de bases de datos. Sin embargo, en el caso de dispositivos móviles con capacidades muy reducidas y que requieran cálculo en el mismo dispositivo, tendríamos que optar por otro tipo de almacenamiento que no tenga unos requisitos tan elevados.

Así, de manera similar a lo que se ha mencionado en las subsecciones previas, el módulo correspondiente al almacenamiento y recuperación de la información se ha diseñado de manera desacoplada y abstrae al resto del sistema del medio concreto que se emplea para almacenar la información, pudiendo elegirse entre bases de datos, ficheros estructurados en formato XML o texto plano, entre otros.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

En esta sección se ilustran a modo de ejemplo algunas de las adaptaciones que pueden realizarse en una implementación concreta del Servicio de Localización.

Inicialmente, supongamos que el usuario del servicio se encuentra en el exterior de la casa. La configuración inicial del servicio es una configuración basada en terminal y, dado que se encuentra en un entorno externo, el cálculo de su localización se determina empleando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El servicio de localización, en este y en los demás casos, puede ser accedido a través de las tecnologías WSDL y OWL-S.

Posteriormente, el usuario se dirige a su hogar. Para seguir dando soporte a las aplicaciones que se estén ejecutando, el servicio de localización efectúa un conjunto de adaptaciones para ofrecer posicionamiento en interiores (Figura 3). Pa-

ra ello, comienza a hacer uso de la tecnología IEEE 802.11 (WiFi) [14] y selecciona un método basado en *Scene Analysis*, consistente en la selección de los k vecinos más cercanos (*k-Nearest Neighbors*, k-NN). Puesto que el servicio se sigue ejecutando en una configuración basada en terminal y este dispositivo no dispone de amplios recursos de procesamiento y almacenamiento, la información necesaria para el cálculo de la posición se almacena en modo texto.



Figure 3: Adaptaciones realizadas tras un paso de exteriores a interiores.

A continuación, el usuario comienza a ejecutar una aplicación de control de entorno que hace uso del servicio de localización. Dicha aplicación requiere una precisión muy alta para ser capaz de determinar qué dispositivos controlables se encuentran en los alrededores del usuario. Para ello, el servicio de localización lleva a cabo un nuevo conjunto de adaptaciones (Figura 4). En este caso, realiza una selección de la tecnología consistente en una combinación entre IEEE 802.15.4 (ZigBee) [3] y RFID (*Radio Frequency Identification*) [6], puesto que su alcance es más reducido y en consecuencia presentan mayor precisión. Adicionalmente, selecciona un método de posicionamiento probabilístico basado en Modelos Ocultos de Markov (*Hidden Markov Models*, HMM), que requiere mayor tiempo de cómputo, pero proporciona mejores resultados.



Figure 4: Adaptaciones realizadas tras una demanda de mayor precisión.

Tras un tiempo ejecutando el servicio en esta configuración, el dispositivo comienza a agotar su batería. Cuando este hecho es detectado por el servicio, se inicia un nuevo conjunto de adaptaciones (Figura 5). En primer lugar, se decide dejar de emplear la tecnología RFID y continuar solamente empleando ZigBee dadas sus características de bajo consumo de energía [3]. Además, se determina un cambio en la confi-

guración del servicio, pasando de una configuración basada en terminal a una configuración asistida por terminal. Así, es necesario incorporar un módulo de comunicación entre el dispositivo móvil y el servidor encargado de la realización del posicionamiento. En este caso, se emplea el middleware BlueRose [21]. Puesto que ahora el cálculo de la localización se realiza en un servidor con gran capacidad de procesamiento y almacenamiento, la información para dichos cálculos se almacena en una base de datos. Por último, para reducir el tiempo de procesamiento, se selecciona un método de posicionamiento basado en proximidad que requiere menos cómputo para obtener una localización que el resto de algoritmos existentes.



Figure 5: Adaptaciones realizadas tras una demanda de reducción del consumo de batería.

Las adaptaciones realizadas son transparentes al usuario y al resto de servicios o aplicaciones que hagan uso del servicio de localización, lo que incrementa sus posibilidades de reutilización y abstrae a los desarrolladores de sistemas basados en la localización de los detalles internos sobre el cálculo de la localización.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se ha presentado, mediante su aplicación al caso de estudio de un Servicio de Localización, un conjunto de adaptaciones a diferentes niveles basado en la reconfiguración de la estructura del servicio para garantizar el cumplimiento de los requisitos no funcionales que se esperan en cada momento.

Mediante la toma de decisiones de diseño sencillas, tales como la encapsulación de componentes, el empleo de interfaces, el desacoplamiento entre módulos o la elección de una Arquitectura Orientada a Servicios, pueden llevarse a cabo adaptaciones que garantizan una gran reusabilidad del software diseñado, así como potencian su modularidad y extensibilidad, a la vez que permiten incorporar decisiones adicionales dependiendo de las necesidades de los sistemas que hacen uso de este servicio.

El servicio de localización presentado en este artículo ha sido implementado empleando diversas tecnologías. Actualmente se encuentra en fase de pruebas para tratar de determinar cómo deben realizarse las adaptaciones en tiempo de ejecución, puesto que para realizar esta función deben incorporarse mecanismos de razonamiento que permitan determinar cuál de las adaptaciones propuestas debe llevarse a cabo.

Como trabajo futuro, se planea seguir trabajando en el desa-

rollo del servicio de localización, realizando un análisis exhaustivo del rendimiento que se obtiene mediante la realización de las adaptaciones y verificando que los NFR que se esperan en cada momento realmente se cumplen mediante la realización de las adaptaciones.

Adicionalmente, en un plano más teórico, se tratará de abstraer y generalizar los mecanismos de adaptación propuestos para que puedan ser aplicados de manera similar en el desarrollo de otros servicios de Computación Ubicua.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación está financiado por el proyecto motriz de excelencia TIC-6600 de la Junta de Andalucía y por el proyecto 20F2/36 del Campus de Excelencia Internacional CEI-BioTIC de Granada; así como por la beca de Formación del Profesorado Universitario, otorgada por el Ministerio de Educación de España.

6. REFERENCES

- [1] ABOWD, G., ATKESON, C., HONG, J., LONG, S., KOOPER, R., AND PINKERTON, M. Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks* 3 (1997), 421–433.
- [2] BECKWITH, R. Designing for ubiquity: The perception of privacy. *IEEE pervasive computing* (2003), 40–46.
- [3] BLASCO, R., MARCO, Á., CASAS, R., IBARZ, A., COARASA, V., AND ASENSIO, Á. Indoor localization based on neural networks for non-dedicated zigbee networks in aal. *Bio-Inspired Systems: Computational and Ambient Intelligence* (2009), 1113–1120.
- [4] BUCHHOLZ, T., AND LINNHOF-POPIEN, C. Towards realizing global scalability in context-aware systems. *Location and Context-Awareness* (2005), 15–17.
- [5] CHENG, S., GARLAN, D., SCHMERL, B., SOUSA, J., SPITZNAGEL, B., STEENKISTE, P., AND HU, N. Software architecture-based adaptation for pervasive systems. *Trends in Network and Pervasive Computing—ARCS 2002* (2002), 217–233.
- [6] CHON, H., JUN, S., JUNG, H., AND AN, S. Using rfid for accurate positioning. *Journal of Global Positioning Systems* 3, 1-2 (2004), 32–39.
- [7] CHRISTENSEN, E., CURBERA, F., MEREDITH, G., WEERAWARANA, S., ET AL. Web services description language (wsdl) 1.1, 2001.
- [8] CHUNG, L., NIXON, B., YU, E., AND MYLOPOULOS, J. *Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [9] JARA, A., ZAMORA, M., AND SKARMETA, A. An internet of things—based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (aal). *Personal and Ubiquitous Computing* 15, 4 (2011), 431–440.
- [10] JOSUTTIS, N. *SOA in Practice*. O’reilly, 2007.
- [11] KIM, S., KIM, S., AND PARK, H. Usability challenges in ubicomp environment. *the Proceeding of International Ergonomics Association (IEA’03)(Seoul, Korea)* (2003).
- [12] KJAERGAARD, M. A taxonomy for radio location fingerprinting. *Lecture Notes in Computer Science* 4718 (2007), 139–156.
- [13] LEE, B., BALLAGAS, R., AND STONE, M. Designing for latency: In search of the balance between system flexibility and responsiveness.
- [14] LI, B., SALTER, J., DEMPSTER, A., RIZOS, C., ET AL. Indoor positioning techniques based on wireless lan. In *First IEEE International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications, Sydney, Australia* (2006), pp. 13–16.
- [15] LIU, H., DARABI, H., BANERJEE, P., AND LIU, J. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* 37, 6 (2007), 1067–1080.
- [16] MARTIN, D., BURSTEIN, M., HOBBS, J., LASSILA, O., MCDERMOTT, D., MCILRAITH, S., NARAYANAN, S., PAOLUCCI, M., PARSIA, B., PAYNE, T., ET AL. Owl-s: Semantic markup for web services. *W3C Member submission* 22 (2004), 2007–04.
- [17] MESSEGUER, R., NAVARRO, L., DAMIAN-REYES, P., AND FAVELA, J. Context awareness for collaborative learning with uncertainty management. *Journal of universal computers science* 16, 12 (2010), 1556–1576.
- [18] MYLOPOULOS, J., CHUNG, L., AND YU, E. From object-oriented to goal-oriented requirements analysis. *Commun. ACM* 42 (1999), 31–37.
- [19] PONNEKANTI, S., JOHANSON, B., KICIMAN, E., AND FOX, A. Designing for maintainability, failure resilience, and evolvability in ubiquitous computing software. *Submission to Operating Systems Design and Implementation* (2002).
- [20] PONNEKANTI, S., JOHANSON, B., KICIMAN, E., AND FOX, A. Portability, extensibility and robustness in iros. In *Pervasive Computing and Communications, 2003.(PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on* (2003), IEEE, pp. 11–19.
- [21] RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, C., BENGHAZI, K., NOGUERA, M., BERMUDEZ-EDO, M., AND GARRIDO, J. Dynamic ontology-based redefinition of events intended to support the communication of complex information in ubiquitous computing. *Network Protocols and Algorithms* 2, 3 (2010), 85–99.
- [22] RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, C., RUIZ-LÓPEZ, T., BENGHAZI, K., AND GARRIDO, J. Designing a middleware-based framework to support multiparadigm communications in ubiquitous systems. *Ambient Intelligence-Software and Applications* (2012), 163–170.
- [23] RUIZ-LÓPEZ, T., GARRIDO, J., BENGHAZI, K., AND CHUNG, L. A survey on indoor positioning systems: Foreseeing a quality design. In *Distributed Computing and Artificial Intelligence*, vol. 79 of *Advances in Intelligent and Soft Computing*. 2010, pp. 373–380.
- [24] RUIZ-LÓPEZ, T., NOGUERA, M., RODRÍGUEZ, M., GARRIDO, J., AND CHUNG, L. Towards a systematic treatment of non-functional requirements in ubiquitous systems. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Artificial Intelligence*. 2012.
- [25] RUIZ-LÓPEZ, T., RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, C., NOGUERA, M., AND RODRÍGUEZ, M. A model-driven

approach to requirements engineering in ubiquitous systems. *Ambient Intelligence-Software and Applications* (2012), 85–92.

- [26] SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: Vision and challenges. *Personal Communications, IEEE* 8, 4 (2001), 10–17.
- [27] WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific American* 265, 3 (1991), 94–104.
- [28] WEISER, M. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM* 36, 7 (1993), 75–84.

Directrices de usabilidad relacionadas con la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de Televisión Digital Interactiva, considerando perfiles de usuario

Rocío Narváez Grupo IDIS Universidad del Cauca Carrera 3 #3N-100 (57)+2+8209800, ext. 2156 marvaez@unicauca.edu.co	Diana J. Hurtado Grupo IDIS Universidad del Cauca Carrera 3 #3N-100 (57)+2+8209800, ext. 2156 djhurtado@unicauca.edu.co	Andrés F. Solano Grupo IDIS Universidad del Cauca Carrera 3 #3N-100 (57)+2+8209800, ext. 2105 afsolano@unicauca.edu.co
César A. Collazos Departamento de Sistemas Universidad del Cauca Carrera 3 #3N-100 (57)+2+8209800, ext. 2133 ccollazo@unicauca.edu.co	José L. Arciniegas Departamento de Telemática Universidad del Cauca Carrera 3 #3N-100 (57)+2+8209800, ext.2114 jlarci@unicauca.edu.co	

ABSTRACT

La Televisión Digital Interactiva (TDi) ha crecido en popularidad, y gracias a las nuevas innovaciones en la tecnología, ocupa un lugar importante en la sociedad. A pesar de existir directrices, principios, estándares, lineamientos, entre otros, para diseñar sistemas interactivos, en el campo de directrices para diseñar aplicaciones de TDi es relativamente poco lo que se ha planteado. Este artículo presenta un conjunto de directrices de usabilidad relacionadas con la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de TDi, las cuales se enfocan en perfiles de usuario. Dichas directrices han sido generadas a partir de pruebas realizadas en el Laboratorio de TDi de la Universidad del Cauca.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation (I.7)]: User Interfaces – *Evaluation/methodology, Graphical user interfaces, Screen design, User-centered design.*

General Terms

Design, Documentation, Experimentation, Measurement.

Keywords

Usability, Interactive Digital Television applications, guidelines, user profile, ease of learning, ease of use.

Palabras Claves

Usabilidad, aplicaciones de Televisión Digital Interactiva, directriz, perfil de usuario, facilidad de aprendizaje, facilidad de uso.

1. INTRODUCCIÓN

La interacción es una característica de la televisión digital, por la que se denomina con el término Televisión Digital interactiva (TDi) [1]. Esta viene tomando lugar desde hace unos años atrás, y a lo largo de los próximos años, sustituirá a la televisión analógica convencional [2]. La TDi está definida como una televisión de dos vías en la cual el televidente puede hacer elecciones de programación y producir entradas de datos [3]. La entrada de datos es todo lo que el usuario, en un momento dado, brinda al sistema, para conseguir que la aplicación interactiva realice una función. Entonces en perspectiva, la TDi presenta una serie de características que permiten al usuario controlar o intercambiar información [4]. Por lo que gracias a la interactividad, “el usuario pasa de ser un elemento pasivo a un elemento activo a la hora de ver televisión” [5]. La TDi está creciendo en popularidad, y actualmente con las innovaciones en la tecnología, ya ocupa un lugar de importancia en la sociedad [6]. Esto convierte a la TDi en un medio con gran potencial para que los usuarios accedan a aplicaciones interactivas y puedan usarlas para diferentes contextos de aplicación. Lo anterior implica un constante desafío, como es mejorar la calidad de las aplicaciones de TDi.

En el entorno actual, en el que las aplicaciones interactivas están dirigidas a un público cada vez más amplio (con diferentes características), a usuarios cada vez menos expertos en el manejo de las mismas, la usabilidad es un atributo fundamental para el éxito de dichas aplicaciones; además, un buen diseño de interfaz facilita la interacción de los usuarios con una aplicación interactiva. Dicho diseño debe cumplir con ciertas especificaciones como las establecidas en [7][8] para el diseño de aplicaciones soportadas en ambientes de TDi, sin embargo, en el

tema específico de principios o directrices de usabilidad para el diseño de aplicaciones en entornos de TDi es poco lo que se ha planteado, tal como se menciona en [9][10]. Teniendo en cuenta que el conjunto de herramientas, lineamientos, normas, recomendaciones, etc., que se tiene para el diseño de aplicaciones de TDi es limitado, surge la necesidad de establecer un conjunto de directrices de usabilidad, de tal manera que se enfoquen en los perfiles del usuario que hacen uso de estas aplicaciones. No obstante, existe una gran variedad de lineamientos de usabilidad para el diseño web y algunos para el diseño en la TV tradicional, el problema surge al momento de decidir cuáles de estos lineamientos existentes son los más adecuados o cuáles se pueden adaptar para el diseño de aplicaciones de TDi, de tal manera que se enfoquen en los perfiles de usuario que usan estas aplicaciones. Lo anterior, considerando que “los usuarios constituyen el elemento básico para diseñar sistemas interactivos” [11].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, este artículo presenta un conjunto de directrices de usabilidad relacionadas con la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de TDi, las cuales se enfocan en perfiles de usuario. Se busca que las directrices propuestas sean tenidas en cuenta por diseñadores y desarrolladores al momento de elaborar este tipo de aplicaciones, de tal manera que tengan mayor aceptación y los usuarios se sientan satisfechos con el uso de las mismas.

La siguiente sección presenta los referentes teóricos básicos para la comprensión del tema, posteriormente, son presentadas las directrices de usabilidad propuestas más relevantes para el diseño de aplicaciones de TDi, junto con la descripción del proceso que permitió su generación. Luego, son presentados los resultados obtenidos a partir de la experimentación con las directrices. Finalmente, se presentan algunas conclusiones y trabajo futuro.

2. REFERENTES TEÓRICOS

2.1 Usabilidad

El estándar ISO/IEC 9241 define la usabilidad como “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” [12]. La efectividad es la precisión y completitud con que el usuario alcanza objetivos concretos, la eficiencia se refiere a los recursos usados para completar estos objetivos y la satisfacción está relacionada con la comodidad y postura del usuario durante la interacción con el producto. Teniendo en cuenta esta definición, la usabilidad no es un atributo inherente al software y no puede especificarse independientemente del entorno de uso y de los usuarios concretos que vayan a utilizar el sistema [13].

La usabilidad corresponde a uno de los atributos básicos de cualquier sistema, además, según Nielsen la usabilidad es una cualidad demasiado abstracta como para ser medida directamente [14]. Para poder estudiarla se descompone habitualmente en un conjunto de 5 subcaracterísticas [14] comprensibilidad, facilidad de aprendizaje, operatividad, atractivo y satisfacción de uso. De estas subcaracterísticas, la presente investigación se enfoca sólo en dos, que son: facilidad de aprendizaje, tomada del estándar ISO/IEC 9126 [15], y facilidad de uso, tomada del estándar 25010 [16]. Inicialmente, las subcaracterísticas de usabilidad consideradas: facilidad de aprendizaje y satisfacción de uso,

corresponden al estándar ISO/IEC 9126. Sin embargo, en este estándar la información proporcionada para medir la satisfacción de uso es escasa y presenta un alto grado de subjetividad, por tanto se tomó del estándar ISO/IEC 25010 la información correspondiente para medir esta subcaracterística, la cual en dicho estándar se relaciona a la subcaracterística: facilidad de uso. Las subcaracterísticas objeto de estudio: facilidad de aprendizaje y de uso se describen a continuación:

Facilidad de aprendizaje: es una medida del tiempo requerido para trabajar con cierto grado de eficiencia en el uso de las aplicaciones, y alcanzar un cierto grado de retención de estos conocimientos luego de cierto tiempo de no usar la aplicación [12]. Se debe tener en cuenta que la facilidad de aprendizaje es una medida relativa, ya que hay aplicaciones muy complejas que no pueden ser aprendidas rápidamente [17].

Facilidad de uso: tiene relación de forma directa con la eficiencia o efectividad, medida como velocidad o cantidad de posibles errores [16]. Una aplicación fácil de usar permitirá al usuario efectuar más operaciones por unidad de tiempo y disminuirá la probabilidad de que ocurran errores [17].

2.2 Perfil de usuario

Uno de los principales objetivos de la usabilidad es lograr simplificar la interacción de los usuarios con los sistemas interactivos, para conseguir esto debe conocerse muy bien tanto a los usuarios como sus características, y se hace necesario agruparlos en *Perfiles de Usuario*, que responde al criterio de agrupar a los usuarios según sus capacidades y habilidades, y que da lugar a grupos de población con características semejantes [18]. Perfil de usuario se define como el conjunto de rasgos distintivos que caracterizan al usuario [11]. Los datos que conforman un perfil de usuario son: necesidades de información, nivel de escolaridad, recursos de información requeridos, métodos para localizar la información, entre otros [11].

2.3 Televisión Digital Interactiva

La Televisión Digital Interactiva (TDi) es considerada como la convergencia de la televisión y las tecnologías de computación, que reúne tres características típicas [19]: interactividad, personalización y digitalización. Este sistema avanzado de televisión permite una mayor flexibilidad ya que transforma la imagen, el audio y los datos en información digital, logrando que la información ocupe menos espacio, brindando así, la posibilidad de ver un mayor número de canales, imágenes y sonido con mayor calidad, entre otros beneficios [20]. Su principal ventaja es la posibilidad de acceder a un extenso grupo de aplicaciones interactivas, donde son los usuarios los que deciden que aplicaciones desean utilizar [21].

Se han identificado un conjunto de características básicas que definen las aplicaciones de TDi con el propósito de tenerlas en cuenta y que sirvan como guía para la generación de las directrices de usabilidad, algunas de ellas son comunes a otros sistemas informáticos, dichas características son [20]:

- *Interactividad:* una aplicación interactiva debe invitar al usuario a participar, con el objetivo de que tenga una experiencia más activa mientras observa un programa televisivo [22].
- *Personalización:* esta característica hace referencia al uso de la tecnología, para modificar la aplicación interactiva a cada

perfil individual. Así, las aplicaciones de TDi deben permitir al usuario modificar contenido, apariencia u otros, teniendo en cuenta sus necesidades, características, preferencias personales, etc.

- **Adaptabilidad:** las aplicaciones de TDi deben tener la capacidad de adaptarse a diferentes entornos tecnológicos (o dispositivos) y tipos de público. Además, deben sugerir programas/contenidos a los usuarios teniendo en cuenta sus preferencias, historial de opciones seleccionadas, entre otros.
- **Ubicuidad:** el concepto de televisión ya no se refiere a un dispositivo específico, sino más bien a un tipo específico de contenidos presentes en casi todas partes, desde el televisor tradicional a cualquier tipo de dispositivo llevando la televisión fuera de casa.
- **Características físicas de la interacción:** los usuarios tienen una visión óptima a cierta distancia de la pantalla, por ello, las aplicaciones deben tener en cuenta aspectos de contraste y resolución de pantalla. Ésta es una característica especialmente diferenciadora, ya que se debe considerar que los usuarios ven televisión en un entorno que está orientado hacia la relajación y comodidad.

2.4 Usabilidad en las aplicaciones de TDi

A pesar de las adaptaciones que se han realizado de lineamientos de diseño para la web y la televisión tradicional a entornos de TDi, los expertos afirman que “la guía de diseño disponible es insuficiente para el diseño fácil de estas aplicaciones” [23]. En este sentido, para conseguir un diseño adecuado de este tipo de aplicaciones, se deben tener en cuenta las necesidades de los usuarios. Por tanto, se hace necesario la inclusión de la personalización, para facilitar la interactividad de los usuarios con dichas aplicaciones [24]. Dado que la usabilidad en este tipo de aplicaciones cumple un papel muy importante, se espera que las directrices de usabilidad a proponer para el diseño de aplicaciones de TDi permitan generar aplicaciones más fáciles de usar y/o aprender de tal manera que se contribuya en la satisfacción de los usuarios y quieran volver a utilizarlas.

3. DIRECTRICES DE USABILIDAD

El éxito de cualquier aplicación, en este caso las aplicaciones de TDi, se basa en la usabilidad, como atributo fundamental. Debido a esto, se hace necesario establecer directrices de usabilidad, ya que el conjunto de lineamientos, normas, recomendaciones, etc., existente para el diseño de aplicaciones de TDi es limitado. Con el objetivo de plantear un conjunto de directrices de usabilidad relacionadas con la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de TDi, se identificaron y seleccionaron algunas de las aplicaciones desarrolladas en el proyecto ST-CAV [25] (Servicios de T-Learning para el soporte de una Comunidad Académica Virtual) de la Universidad del Cauca (Colombia). Las aplicaciones seleccionadas como objeto de estudio corresponden a la Guía de Programación Electrónica (o EPG por sus siglas en inglés Electronic Program Guide), Tablón o mini-blog y Chat. Estas aún no son aplicaciones finales, sin embargo, son prototipos que se encuentran en un nivel avanzado de desarrollo. Respecto a estas aplicaciones es importante mencionar que estas se transmiten mediante el estándar tecnológico DVB (Digital Video Broadcasting) [26], y siguen la especificación MHP (Multimedia Home Platform) [27], esto significa que las aplicaciones se

pueden visualizar en un televisor (y no en otros dispositivos, como: móviles, tabletas, entre otros) mediante el uso de una STB (Set-Top-Box), dispositivo que permite adaptar la señal digital. Posteriormente, se identificaron los perfiles de usuario teniendo en cuenta aspectos de “Diseño centrado en el usuario” [18][28], en el cual se sugieren una serie de actividades para definir perfiles de usuario, las cuales se centran en conocer al usuario y sus necesidades. Dichas actividades son [13]: (1) *Observar al usuario en su ambiente de trabajo*, (2) *Identificar las características individuales del usuario*: para conocer a los usuarios, las tareas que desarrollan y cómo las llevan a cabo y (3) *Análisis de tareas realizadas por los usuarios en las aplicaciones*: para identificar cómo los usuarios realizan una determinada tarea.

El desarrollo de la primera actividad se llevó a cabo en el laboratorio de TDi de la Universidad del Cauca, con el fin de brindar un entorno que permitiera simular el ambiente real en el que se hace uso de las aplicaciones de TDi. La segunda actividad permitió obtener información necesaria para identificar las características de cada usuario; realizando una serie de entrevistas y cuestionarios, en los cuales se pudo establecer la experiencia, el nivel educacional y el rango de edades de los usuarios. El desarrollo de esta actividad se llevó a cabo junto a la ejecución de los métodos de evaluación de usabilidad: *Interacción Constructiva y Experimentos Formales*. Por último, para la realización de la tercera actividad se definió una lista de tareas a realizar sobre cada aplicación de TDi objeto de estudio. A partir de la ejecución de las actividades mencionadas sobre las aplicaciones de TDi objeto de estudio y con la participación de usuarios representativos, se estableció que el rango de edad de los usuarios está entre los 18 y 30 años, debido a que las aplicaciones desarrolladas en el proyecto ST-CAV están orientadas a estudiantes universitarios de cuarto semestre en adelante. Luego de analizar los resultados obtenidos en los cuestionarios y entrevistas, y teniendo en cuenta la experiencia de cada usuario respecto al uso de diferentes sistemas interactivos, se identificaron los siguientes perfiles de usuario:

- **Novato:** contempla aquellos usuarios cuya experiencia en el uso de aplicaciones interactivas es bastante limitado. Los usuarios con este perfil corresponden a estudiantes universitarios que en su entorno hacen uso básico de internet, dispositivos móviles y televisión tradicional.
- **Intermedio:** los usuarios que integran este perfil se caracterizan por realizar un continuo uso de internet, dispositivos móviles, y un uso básico de sistemas interactivos. Gracias al uso de este conjunto de aplicaciones siguen aumentando sus capacidades y por supuesto explorando nuevas posibilidades en dichos sistemas.
- **Experto:** los usuarios que pertenecen a este perfil son aquellos que gracias al uso constante de internet, dispositivos móviles, aplicaciones de TDi, entre otros sistemas interactivos, han adquirido una cultura tecnológica avanzada que les permite saber de manera intuitiva cómo funcionan las nuevas tecnologías de información.

Una vez identificados los perfiles de usuario, se ejecutaron los métodos de evaluación: *Interacción Constructiva y Experimentos Formales*, con el fin de medir la usabilidad en las aplicaciones e identificar una serie de problemas presentes en ellas. Estos métodos de prueba de usabilidad se llevaron a cabo en el

laboratorio de TDi de la Universidad del Cauca, sobre las aplicaciones de TDi objeto de estudio. En general, se contó con la participación de 39 usuarios representativos, considerando los 3 perfiles de usuario definidos. En los *Experimentos Formales* participaron 21 usuarios; este conjunto de usuarios se dividió en grupos de 7 personas por cada perfil de usuario definido. El método consistió en entregar una lista de tareas para que los usuarios las realizaran sobre las aplicaciones objeto de estudio, considerando el tiempo de realización de cada una de estas en comparación con el tiempo estimando por los evaluadores de la prueba. En la *Interacción Constructiva* participaron 18 usuarios, los cuales se organizaron en 3 parejas por cada perfil. La ejecución de este método permitió que dos usuarios exploraran las aplicaciones libremente mientras verbalizaban todas sus impresiones, almacenando esta interacción en video para su posterior análisis. Una vez ejecutados los métodos de evaluación, fueron analizados los resultados obtenidos con el fin de recolectar información sobre la percepción de los usuarios en la interacción con las aplicaciones, además de identificar problemas críticos de usabilidad presentes en estas.

Con el objetivo de proponer un conjunto de directrices de usabilidad relacionadas con la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de TDi, se tuvieron en cuenta las características básicas que definen las aplicaciones de TDi (ver sección 2.3). De igual forma, a partir de la literatura existente, fue generada una base conceptual sobre: lineamientos, estándares, principios, recomendaciones, entre otros aspectos, relacionados a la facilidad de aprendizaje y de uso para la Web y la televisión tradicional. Luego, teniendo en cuenta las características de las aplicaciones de TDi, se analizó la base conceptual generada, con el fin de establecer cuáles de dichos aspectos son aplicables a entornos de TDi. Por otro lado, con el fin de proponer el conjunto de directrices, fueron tenidos en cuenta los tres perfiles de usuario identificados previamente (*Novato*, *Intermedio* y *Experto*) y el análisis de los resultados obtenidos en la ejecución de los métodos de evaluación de usabilidad: *Interacción Constructiva* y *Experimentos Formales*. Los problemas de usabilidad identificados a partir de la ejecución de dichos métodos de evaluación, se tuvieron en cuenta con el fin de asociarlos a uno o más de los aspectos definidos en la base conceptual generada. Mediante el desarrollo de este proceso (ver Figura 1) se logró generar y/o adaptar una serie de directrices que se presentan más adelante.



Figura 1. Proceso generación de directrices de usabilidad.

Para la generación y/o adaptación de las directrices se definió una plantilla que contiene la siguiente información:

- ID y Nombre: un identificador y nombre de la directriz.
- Perfil: consiste en el perfil de usuario al cual corresponde la directriz de diseño.

- Subcaracterística de usabilidad: hace referencia a la(s) subcaracterística(s) de usabilidad a la que está relacionada la directriz.
- Descripción: descripción y/o explicación detallada de la directriz de usabilidad.
- Beneficios: corresponde a la justificación y/o posibles ventajas que traería el uso de la directriz en el diseño de aplicaciones de TDi.
- Problemas: se refiere a los problemas anticipados por no cumplir con la directriz, cuando se esté realizando una evaluación de usabilidad.
- Ejemplo: corresponde al diseño de un prototipo de interfaz siguiendo las especificaciones de la directriz.

El identificador de las directrices se definió de la siguiente manera: **D_TDi_T_#**, donde **D_TDi** significa Directriz de Televisión Digital interactiva, **T** se refiere al tipo de directriz (**A** si es adaptada y **P** si es propuesta) y **#** se refiere al número de la directriz. Las directrices de usabilidad propuestas, relacionadas a la facilidad de aprendizaje y de uso para el diseño de aplicaciones de TDi, considerando los perfiles de usuario: *Novato*, *Intermedio* y *Experto*, son las siguientes:

1. Instrucciones claras.
2. Valores RGB de elementos gráficos.
3. Disposición de las instrucciones en pantalla.
4. Distribución de elementos que conforman las instrucciones de uso.
5. Acceso a la guía rápida de uso.
6. Disposición de la guía rápida de uso.
7. Confirmación de acciones.
8. Configuración aparición mensajes de confirmación.
9. Relación elementos gráficos/funcionalidad.
10. Realimentación visual en procesos demorados.
11. Configuración del idioma.
12. Terminología del control remoto.
13. Flexibilidad para el ingreso de datos
14. Configuración de dispositivos de interacción.
15. Teclado en pantalla.
16. Configuración por defecto.
17. Configuración del perfil de usuario.
18. Disposición de las instrucciones en ele (L) invertida “_”.
19. Configuración apariencia de la aplicación.

Inicialmente, se propuso un conjunto de 17 directrices de usabilidad (primeras 17 de la lista). Sin embargo, luego de la experimentación con dichas directrices, mediante una sesión de *focus groups* con expertos y la evaluación de usabilidad con usuarios representativos de algunos prototipos de interfaz generados que implementan dichas directrices, se logró la generación de 2 más (las 2 últimas de la lista), para un total de 19 directrices de usabilidad. La descripción (utilizando la plantilla) de algunas directrices (más representativas) se presenta en las Tablas 1 a 3.

Tabla 1. Disposición de las instrucciones en pantalla.

ID	D TDi P 3
Nombre	Disposición de las instrucciones en pantalla
Perfil de Usuario	<i>Novato</i>
Subcaracte	Facilidad de aprendizaje

ID	D TDi P 3
-rística de Usabilidad	
Descripción	Una aplicación de TDi debe mostrar en la parte superior izquierda de la pantalla las instrucciones de uso, teniendo en cuenta que en la cultura occidental los usuarios leen de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, lo cual influye en la forma cómo se percibe la pantalla. Lo anterior se planteó considerando el patrón Z [29].
Beneficios	Rápida identificación de las instrucciones: una aplicación de TDi que sigue el patrón Z para desplegar las instrucciones de uso, facilita a los usuarios la identificación de estas, puesto que ellos lo primero que van a observar es información relacionada al uso de la aplicación.
Problemas	Demora en la interacción: teniendo en cuenta la forma en cómo se percibe la pantalla (izquierda, derecha, arriba, abajo), una aplicación de TDi que no presenta las instrucciones de uso en la parte superior izquierda de la pantalla, hace que los usuarios novatos pasen por alto las instrucciones. No obstante los usuarios intentan descubrir la aplicación por si solos, por lo que se les dificulta más la interacción con la misma e invierten más tiempo del que realmente necesitan para realizar las acciones disponibles.
Ejemplo	

Tabla 2. Flexibilidad para el ingreso de datos.

ID	D TDi P 13
Nombre	Flexibilidad para el ingreso de datos
Perfil de Usuario	<i>Novato, Intermedio y Experto</i>
Subcaracterística de Usabilidad	Facilidad de uso
Descripción	Una aplicación de TDi debe ofrecer un mecanismo que permita autocompletar texto, con el fin de que los usuarios ingresen la información de forma fácil y rápida. Lo anterior, teniendo en cuenta que el dispositivo de interacción utilizado por defecto en televisión es el control remoto, el cual presenta ciertas limitantes que retrasan la realización de tareas relacionadas al ingreso de información.
Beneficios	Reducción de tiempo ingresando datos: una aplicación de TDi que ofrezca un mecanismo para autocompletar texto, hace que los usuarios, al momento de ingresar información, puedan

ID	D TDi P 13
	realizar esta acción satisfactoriamente en un menor tiempo.
Problemas	Frustración del usuario: una aplicación de TDi que no ofrece un mecanismo que permita autocompletar texto para facilitar el ingreso de información, hace que los usuarios se sienten frustrados y tomen demasiado tiempo realizando esta acción, puesto que el ingreso de datos utilizando solamente el control remoto resulta compleja y engorrosa para ellos.
Ejemplo	

Tabla 3. Configuración del perfil de usuario.

ID	D TDi P 17
Nombre	Configuración del perfil de usuario
Perfil de Usuario	<i>Novato, Intermedio y Experto</i>
Subcaracterística de Usabilidad	Facilidad de uso
Descripción	Una aplicación de TDi debe ofrecer una opción que permita configurar el perfil de usuario que va a utilizarla, así la aplicación presentará la información, entre otros elementos, de diferentes maneras teniendo en cuenta las características del perfil seleccionado. Esta opción debe mostrarse en las opciones de configuración de la aplicación y al seleccionarla debe desplegarse una ventana emergente en la cual el usuario pueda seleccionar el tipo de usuario: <i>novato</i> , <i>intermedio</i> o <i>experto</i> . Teniendo en cuenta que la aplicación puede cambiar su apariencia, dependiendo del perfil de usuario seleccionado, también resulta adecuado que para los usuarios pertenecientes a los perfiles: <i>Intermedio</i> y <i>Experto</i> , las instrucciones de uso presentadas en pantalla se oculten automáticamente después de un determinado tiempo, con el fin de que el contenido televisivo puedan observarlo en la pantalla completa. Para el caso de los usuarios pertenecientes al perfil <i>Novato</i> , las instrucciones deben mantenerse visibles en todo momento.
Beneficios	Personalización de la aplicación: una aplicación de TDi que permita a los usuarios personalizar la aplicación seleccionando el tipo de usuario al que pertenece, va a contribuir a que los usuarios interactúen fácilmente con esta y así realicen rápidamente las tareas y/o acciones disponibles, puesto que estas van a ser mas

ID	D TDi P 17
	amigables según el perfil seleccionado, y así los usuarios se van a sentir más cómodos con la aplicación.
Problemas	Difícil interacción: una aplicación de TDi que no brinde la opción de seleccionar el tipo de usuario que va a utilizarla, va a dificultar la realización de las tareas, pues la aplicación no va a presentar de forma amigable las instrucciones de uso, causando que ellos se sientan desorientados acerca de cómo deben interactuar con la aplicación.
Ejemplo	
	

4. EXPERIMENTACIÓN

Las directrices propuestas fueron evaluadas mediante una sesión de *focus group* con expertos y la evaluación de usabilidad con usuarios representativos de un conjunto de prototipos de aplicaciones de TDi, los cuales implementan dichas directrices. A partir de las directrices propuestas se elaboraron un conjunto de prototipos de las interfaces correspondientes a las aplicaciones de TDi objeto de estudio, los cuales implementan cada uno de los aspectos detallados en las directrices. Esto con el fin de validar cada una de las directrices propuestas. De esta forma se puede observar que los prototipos presentan una apariencia similar, sin embargo, sufrieron algunas modificaciones referentes a los aspectos descritos en cada una de las directrices propuestas (ver Figura 2 y Figura 3).



Figura 2. Tablón.



Figura 3. Prototipo del Tablón.

Por ejemplo, en la Figura 3 son implementadas las directrices (1) Instrucciones claras (parte inferior izquierda), (2) Valores RGB de elementos gráficos, (4) Distribución de elementos que conforman las instrucciones de uso (parte inferior), (5) Acceso a la guía rápida de uso (parte superior derecha) y (18) Disposición de las instrucciones en ele (L) invertida “_” (parte lateral derecha e inferior).

Los prototipos fueron elaborados utilizando la versión gratuita de la herramienta software Unity 3D versión 3.4. La experimentación con estos prototipos se realizó en el laboratorio de Televisión Digital Interactiva de la Universidad del Cauca, mediante una sesión de *focus group* con expertos y la evaluación de usabilidad de los prototipos con usuarios representativos, pertenecientes a los perfiles de usuario definidos (*Novato*, *Intermedio* y *Experto*).

En la sesión de *focus group* participaron cuatro expertos, quienes son investigadores en distintos temas relacionados con la usabilidad y TDi. La dinámica de la discusión se desarrolló de la siguiente manera: primero, se hizo entrega a los expertos de material impreso del conjunto de directrices, luego, las personas encargadas de la evaluación proporcionaban una previa descripción y explicación a cerca de cada directriz con el fin de dar inicio a la discusión. Adicionalmente, cuando los expertos necesitaban esclarecer algún detalle en particular de una determinada directriz, se presentaban algunos prototipos de las aplicaciones de TDi objeto de estudio. Esto con el fin de que los expertos evidenciaran la forma cómo se implementaban las directrices. A partir de la discusión realizada con expertos, sobre las diferentes directrices de usabilidad propuestas, se obtuvo realimentación, que en general favorece las directrices propuestas. Pues los expertos consideran que las directrices de usabilidad propuestas, relacionadas a la facilidad de aprendizaje y de uso, tienen buenas bases para su postulación, sin embargo, proponen que sean evaluadas mediante la participación de usuarios representativos de cada perfil definido. Ahora, respecto a la evaluación de usabilidad de los prototipos generados con usuarios representativos, en las evaluaciones participaron 4 usuarios por cada uno de los tres perfiles definidos, para un total de 12 participantes. Para la validación de las directrices propuestas se consideraron las aplicaciones de TDi utilizadas para la realización de los métodos de evaluación de la usabilidad: *Interacción Constructiva* y *Experimentos Formales* (ver sección 3), las cuales corresponden a la Guía de programación electrónica (EPG), Tablón y Chat.

El método de prueba utilizado para evaluar los prototipos fue: *prueba/prototipos en papel*. En este método de evaluación se crean prototipos de las interfaces en papel y se hacen preguntas a los usuarios, con el objetivo de identificar problemas de usabilidad. Las preguntas deben estar previamente diseñadas para rescatar información relevante a base de lo que se muestra al usuario, pero en algunos casos es posible realizar preguntas en el momento dependiendo del avance de la prueba. El formato de las preguntas/respuestas puede ser en papel o simplemente a viva voz, siempre considerando que el prototipo que se muestra al usuario es en papel [30]. Considerando lo anterior, a este método de evaluación se le realizó una variante al momento de ejecutarlo, que consistió en simular la navegación a través de las aplicaciones objeto de estudio, con lo cual se intentó ofrecer a los usuarios mayor interactividad al momento de evaluar los prototipos. Además, con el fin de ofrecer a los usuarios un

escenario lo más real posible, se adaptó el teclado del computador para simular los botones del control remoto (ver Figura 4). Así, los prototipos “en papel” a evaluar por parte de los usuarios representativos van a ofrecer un nivel de interactividad aceptable, de tal forma que los usuarios no observen prototipos estáticos en una hoja de papel.



Figura 4. Adaptación del teclado para simular los botones del control remoto.

La dinámica de la evaluación consistió en que las personas encargadas de la prueba daban una previa explicación de las directrices propuestas, y a su vez, presentaban la implementación de cada una de estas en los prototipos de interfaz, de tal forma que los usuarios expresaran sus impresiones y/o sugerencias en base a los prototipo presentados en pantalla. Así, para cada una de las directrices se obtenía realimentación por parte de los usuarios respecto a la implementación de las mismas. El desarrollo del método de prueba con usuarios representativos permitió obtener información sobre el acierto o desacierto en cuanto al diseño de los prototipos de las aplicaciones objeto de estudio, que implementan cada una de las directrices propuestas, así como también permitió definir la validez de dichas directrices.

En términos generales, los usuarios y expertos que participaron en la evaluación de las directrices propuestas, consideran que estas son apropiadas, pues la descripción y los aspectos que conforman la definición de cada directriz tiene buenas bases para su postulación y para ser tenidas en cuenta en el diseño de aplicaciones de TDi. La realimentación obtenida en la evaluación de las directrices, mediante la sesión de *focus group* con expertos y la evaluación de usabilidad con usuarios representativos, se refleja en la actualización y refinamiento de la descripción de algunas directrices, así como también en la generación de otras nuevas. Esto tomando como referencia las observaciones, sugerencias y recomendaciones que hicieron los expertos y usuarios representativos durante el desarrollo de las pruebas.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las directrices de usabilidad propuestas, representan una contribución para los desarrolladores y diseñadores en el contexto de la TDi, ya que al utilizarlas podrían generar aplicaciones más fáciles de usar y/o aprender, de tal manera que estas tengan mayor aceptación y los usuarios se sientan satisfechos con el uso de las mismas, puesto que una aplicación usable permite mayor rapidez en la realización de tareas y reduce la pérdida de tiempo. Para que la experiencia de un usuario con una aplicación de TDi sea exitosa y lo más convincente posible, es conveniente desarrollar aplicaciones usables. Las directrices de usabilidad propuestas intentan contribuir en la usabilidad de

las aplicaciones de TDi con el fin de garantizar la mejor experiencia interactiva a diferentes tipos de usuarios.

Las directrices de usabilidad propuestas se han planteado mediante el análisis de un caso de estudio que incluyó tres aplicaciones de TDi representativas. Luego, la evaluación se realizó a través de otro caso de estudio (que incluyó las mismas tres aplicaciones), el cual permitió, exitosamente, confirmar que las directrices de usabilidad son aplicables en el entorno de las aplicaciones de TDi, esto considerando los factores bajo los cuales se ejecutaron los métodos de evaluación de usabilidad. Así, las directrices propuestas van a contribuir en el diseño de aplicaciones de TDi usables para los usuarios finales.

La colaboración de expertos en el tema de usabilidad y diseño/desarrollo de aplicaciones de TDi fue determinante para la creación de criterios que permitieron validar las directrices propuestas. Además, esta investigación permitió determinar que el uso adecuado de las directrices propuestas, podría llevar al diseño de interfaces eficientes y ayudaría a evitar problemas frecuentes de usabilidad y errores por parte de los usuarios cuando interactúan con este tipo de aplicaciones.

Para la evaluación de las directrices propuestas fue ejecutado el método de evaluación de usabilidad llamado *Pruebas/Prototipos en Papel*, el cual permitió obtener una buena realimentación por parte de los usuarios gracias a la variación realizada al método, pues al presentar los prototipos en el televisor y NO en papel, fue posible proveer un poco más de interactividad a los usuarios, simulando algunas funcionalidades de las aplicaciones objeto de estudio. Así, fue posible determinar que los prototipos son coherentes y consistentes con las directrices de usabilidad propuestas, por lo que puede considerarse que las directrices son, en buena medida, válidas y útiles para el diseño de aplicaciones de TDi.

Teniendo en cuenta la experimentación realizada con los prototipos de interfaz y la evaluación de las directrices propuestas, se puede decir que aquellas aplicaciones de TDi que requieran de un avanzado entrenamiento por parte del usuario para operarlas, serán desplazadas por aquellas aplicaciones que gocen de un mayor "grado de usabilidad" y que estén en condiciones de ofrecer las mismas funcionalidades, pero de manera más sencilla y amigable. Así, para incrementar la calidad en la interacción, es necesario disminuir la complejidad de la información presentada, y también estructurarla y organizarla de manera eficiente, para poder responder a las necesidades particulares de diferentes tipos de usuarios (Novato, Intermedio y Experto).

Las principales actividades futuras están relacionadas al refinamiento de las directrices propuestas, mediante la realización de otros métodos de evaluación para obtener más realimentación por parte de usuarios representativos. Por otro lado, se considera conveniente generar más directrices relacionadas a otras subcaracterísticas de usabilidad. Adicionalmente, dado que en esta investigación se ha considerado como eje central el concepto de usabilidad, se propone ampliar el alcance del trabajo pasando de “directrices de usabilidad” a “directrices para la experiencia de usuario”. Así, para un estudio posterior, convendría considerar la dimensión multicultural, afectiva (emocional) de las interfaces de usuario de las aplicaciones de TDi, entre otros aspectos, con el fin de generar más directrices.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos: ST-CAV Servicios de T-Learning para el soporte de una Comunidad Académica Virtual, Código 110348925425, financiado por COLCIENCIAS y el SENA, el proyecto: Mecanismo para la interpretación de emociones en la evaluación de usabilidad de entornos virtuales de aprendizaje, financiado por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) y el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones (CINTEL), y el proyecto GESTV: Plataforma de gestión para un sistema de T-Learning, Código 110352128387, financiado por COLCIENCIAS.

7. REFERENCIAS

- [1] S. Morris and A. Smith-Chaigneau, *Interactive TV standards*: Focal Press, 2005.
- [2] C. González, *Nuevas Estrategias de Televisión el Desafío Digital. Identidad Marca y Continuidad Televisiva.*, 1 ed. vol. 1. Madrid: Ediciones Ciencias Sociales, 2008.
- [3] *The MHP Knowledge Project (MHP-KDB), The MHP Guide, A comprehensive Guide to the Multimedia Home Platform, the underlying technology and possible uses* vol. 1.0, 2006.
- [4] I. Abadía, "Revisión de lineamientos para el desarrollo de contenido educativo para televisión digital interactiva," *Sistemas & Telemática*, vol. 10, pp. 71-104, 2012.
- [5] A. F. Solano, C. A. Collazos and J. L. Arciniegas, "Evaluación Colaborativa de Usabilidad en los Servicios de T-Learning: Estado del Arte," *Latin American Conference on Networked and Electronic Media*, pp. 1-4, 2010.
- [6] C. A. Collazos, J. L. Arciniegas and V. Mondragón, "Lineamientos de usabilidad para el diseño y evaluación de la Televisión Digital Interactiva," *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 5, 2008.
- [7] M. Rinnetmäki, *A Guide for Digital TV Service Producers*: ARVID, 2004.
- [8] A. Ahonen, L. Turkki, M. Saarijarvi and M. Lahti, "Guidelines for designing easy-to-use interactive television services: experiences from the ArviD programme," *4th European conference on Interactive television*, pp. 207-223, 2008.
- [9] A. A. González and K. Jiménez, "Interactive Digital TV and Its Learning Tools," *Revista Científica de Comunicación y Educación*, vol. 26, pp. 93-101, 2006.
- [10] H. Vivar and A. Garcia, "La interactividad: concepto y factor de impulso de la TDT. Un caso práctico: Proyecto Sports ITV," *Sphera publica: revista de ciencias sociales y de la comunicación*, pp. 207-222, 2009.
- [11] P. Hernández, "El perfil del usuario de información," *Investigación bibliotecológica*, vol. 7, 2009.
- [12] ISO, "International Organization for Standardization, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, ISO 9241," ed, 1998.
- [13] X. Ferré Grau, "Principios básicos de usabilidad para ingenieros software," *IEEE Software*, vol. 1, p. 8, 2010.
- [14] J. Nielsen, *Usability engineering*: Morgan Kaufmann, 1994.
- [15] ISO, "International Organization for Standardization, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, ISO 9126-3," ed, 2002.
- [16] ISO, "International Organization for Standardization, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, ISO 25010," ed, 2008.
- [17] E. Mercovich and B. Aires, "Ponencia sobre Diseño de Interfaces y Usabilidad: cómo hacer productos más útiles, eficientes y seductores," *SigGraph*, 1999.
- [18] T. Granollers, J. Lorés and J. Cañas, *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*, Primera ed., 2005.
- [19] F. Bellotti, S. Vrochidis, E. Parissi, P. Lhoas, D. Mathevon, M. Pellegrino, G. Bo, and I. Kompatsiaris, "T-learning Courses Development and Presentation Framework," *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine*, vol. 3, pp. 69-76, 2009.
- [20] A. F. Solano, G. Chanchi, C. A. Collazos, C. A. Rusu and J. L. Arciniegas, "Diseñando Interfaces Gráficas Usables de Aplicaciones en Entornos de Televisión Digital Interactiva," presented at the Quinta Conferencia Latinoamericana sobre Interacción Humano Computador - CLIHC, 2011.
- [21] C. Oñate, "La Televisión Digital Interactiva: Contexto y efectos sobre la publicidad," Tesis Doctoral, Ciencias de la Información, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias de la Información, Madrid, 2010.
- [22] P. Aarreniemi, "T-learning Model for Learning via Digital TV," in *Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering EAEEIE*, 2005.
- [23] T. Kunert, *User-Centered Interaction Design Patterns for Interactive Digital Television Applications*, VI ed. vol. 2. New York: Springer-Verlag NY Inc, 2009.
- [24] M. Rey, R. Díaz and A. Fernández, "Educación a la carta para IDTV," *Proceedings of V Jornadas de Ingeniería Telemática JITEL*, 2008.
- [25] ST-CAV. (2011, Marzo 26). *Proyecto ST-CAV, Servicios de T-Learning para el soporte de una Comunidad Académica Virtual*. Available: <http://www.unicauca.edu.co/stcav/>
- [26] DVB. *DVB Digital Video Broadcasting standard*. Available: <http://www.dvb.org/>
- [27] DVB. *MHP. Multimedia Home Platform*. Available: <http://www.mhp.org/>
- [28] Y. Hassan, F. J. Martín Fernández and G. Iazza, "Diseño web centrado en el usuario: usabilidad y arquitectura de la información," *Hipertext. net*, vol. 2, 2004.
- [29] C. P. Acevedo, J. L. Arciniegas, X. García and J. Perrinet, "Proceso de Adaptación de una Aplicación de e-aprendizaje a t-aprendizaje," *Información tecnológica*, vol. 21, pp. 27-36, 2010.
- [30] R. A. Otaiza, "Metodología de Evaluación de Usabilidad para aplicaciones Web Transaccionales," Magister en Ingeniería Informática, Escuela de Ingeniería Informática, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2008.

An Intelligent eTutor-Student Adaptive Interaction Framework

Shehab A. Gamalel-Din

King Abdulaziz University, Computing Information Systems, Jeddah, KSA
drshehabg@yahoo.com

Abstract

Many educators believe that the most effective means for teaching is through one-on-one interactions with students. This research's hypothesis is that better learning results would be achieved by adapting the e-tutor interaction with its individual student user. eTutor-Student interaction in this research is based on adapting the content and presentation of the learning material to the student based on his/her learning model—The student model. In other words, eTutor should adapt and personalize the teaching strategy for each student; something that is not easy to achieve without the aid of an intelligent system with a comprehensive knowledgebase. This article presents one essential component of our research on adaptive e-learning—namely, a framework of a Smart Cognitive Augmented Learning Object Repository (SCALOR) engine that augments the concepts of learning styles onto Hypermedia Learning Objects, which together with a Smart domain knowledge ontology compose the Smart e-Learning Knowledgebase (SELK). SELK is at the core of the personalization of the eTutor-Student interaction for a more efficient and effective learning process. Evaluation results for this framework proved the hypothesis.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Models and Principles]: *User/Machine Systems - human factors, human information processing, software psychology.*

General Terms

Human Factors.

Keywords

eTutor-Student interaction, Student model, Cognitive model, Learning style, Domain ontology, Adaptive e-Learning.

1. Introduction

Educated and skilled human resources and workers are becoming keys of success and power of both nations and organizations. Therefore, education and training are expected to have a more important role than ever before. Specifically, effective and efficient Web-based intelligent adaptive e-learning systems are argued to be solutions for several challenges facing education.

However, researchers have guidelines for effective and efficient education. Snow and Farr [1] suggested that sound learning theories are incomplete or unrealistic if they do not include a whole person view, integrating both cognitive and affective aspects, implying that no educational program can be successful without due attention to the personal learning needs of individual students. Russell [2] suggested that educators should identify and acknowledge learning differences and make maximum use of the available technology to serve them accordingly. Brusilovsky [3] suggested using adaptive hypermedia to support individual learning. The idea of adaptive e-learning is to adapt both the content and presentation of the course based on the profile of the learner. Paolucci [4] addressed the importance of individualization in that any strategy should be adaptive and personalized. To ensure personalization, adaptive systems should be capable of diagnosing and identifying each student's misconceptions. Based on this conception, Gamalel-Din [5] have developed a framework for an adaptive web-based intelligent tutoring system employing a student model that is developed by Gamalel-Din [6].

Therefore, one of the most formidable tasks for educators is shaping their presentations of core knowledge to meet the needs of each individual learners having varied and diverse cognitive and psychological traits [7]. This research tried to achieve such a goal through introducing Smart e-Learning Knowledgebase (SELK), which is the core heart of the adaptation process of the learning material personalization to each individual learner. SELK has three pillar that are materialized onto three components: first, a detailed model of the individual student—the Smart Student Model (SSM); second, learning materials must be composed of small granule multimedia objects referred to as atomic learning objects (ALOs), third, domain knowledge ontology that interlinks both SSM and ALO for an efficient and effective adaptation process.

The student model is used for tailoring the teaching strategy and dynamically adapting it according to the abilities of each individual student. Users' Models are often based on various different dimensions. Brusilovsky [3] defines these Dimensions as: users' goals, knowledge, background, hyperspace experience and preferences [8]. The focus of this paper is on two of those dimensions, namely, background knowledge and learning style. A learning style is defined, among many definitions, as "the unique collection of individual skills and preferences that affect how a student perceives, gathers, and process learning materials" [9]. In section 2, a more detailed description on SSM is discussed together with how it personalizes the eTutor-Student interaction.

On the other hand, Learning objects are drawn from repositories (LOR) and are specified using standard metadata formats, such as SCORM and IEEE LOM. This research suggests extending the LO metadata to accommodate new attributes that are utilized by the Smart e-Learning engine to augment cognitive characteristics, especially Learning Styles. These repositories are called Smart Cognitive Augmented Learning Object Repository (SCALOR). The appropriate LOs are drawn from SCALOR according to

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10.. \$15.00

specific rules, which are driven by this research, in such a way that most suits each individual student's model: learning style and background knowledge. The LO selection is based on proper identification of the appropriate values of metadata attributes specifying the required material.

The Knowledge domain is represented by an ontology. Domain knowledge ontology is a semantic network of nodes representing concepts that are interrelated by relationships with different types. This research has extended the ontology representation into what is called Smart Ontology Model (SOM) that is a multilayered network whose concepts nodes are complex structures with levels corresponding to those of Bloom's instructional development taxonomy [10]. SOM is interlinked to SCALOR to interrelate ALOs to concepts.

SELK is considered by the 12-years-long Smart e-Learning research project "Smart School of the Future" [11,12] a central component to all processes throughout the lifecycle of e-learning, as depicted by Figure 1. Smart course authoring and delivery environments as well as assessment utilize SELK for smart personalization. In addition, many education support tools were designed around the concepts of learning model to reveal better results [13,14,15,16,17] as shown in Figure 2.

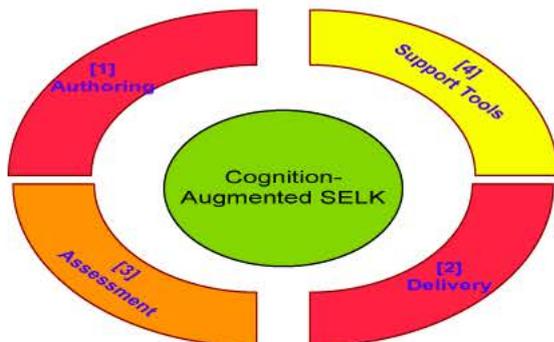


Figure 1: Adapted SELK is Central to the whole e-Learning Lifecycle

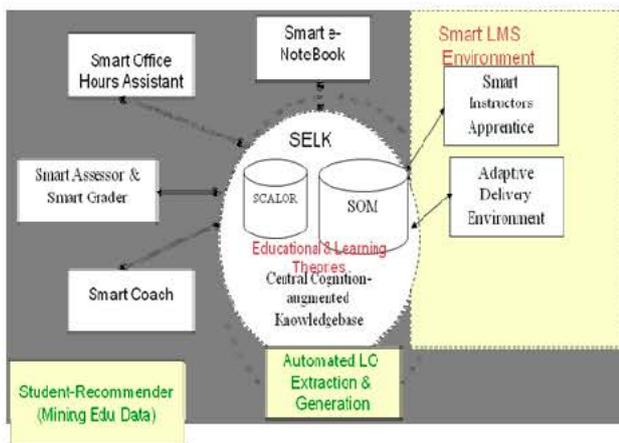


Figure 2. Smart e-Learning Tools and Environments under "Smart School of the Future"

Section 2 discuss the different constituent components of SELK discussing how learning styles and background knowledge are urgently required to personalize eTutor-Student interaction and demonstrating how it improves the e-learning process Section 3

describes two possible architectures for both building SELK and delivering personalized learning material. Section 4 presents experimental evaluation of the model. Section 5 reviews literature and presents some related work. Finally, Section 6 concludes.

2. The Smart e-Learning Knowledgebase (SELK)

This section presents the three components of SELK in more details. The abstraction of each component representation is first presented and then followed by a discussion on how it is utilized in adapting the course presentation to individual students.

2.1 Student's Smart Conceptual Background Model – Smart Ontology Model (SOM)

Domain knowledge are represented in structured Ontology that consist of concepts and relationships among these concepts as shown in Figure 3a. The background knowledge of each student is assessed and is projected on the Domain Ontology model to generate an individualized Student's conceptual background knowledge ontology model that is a subset of the general domain knowledge ontology.

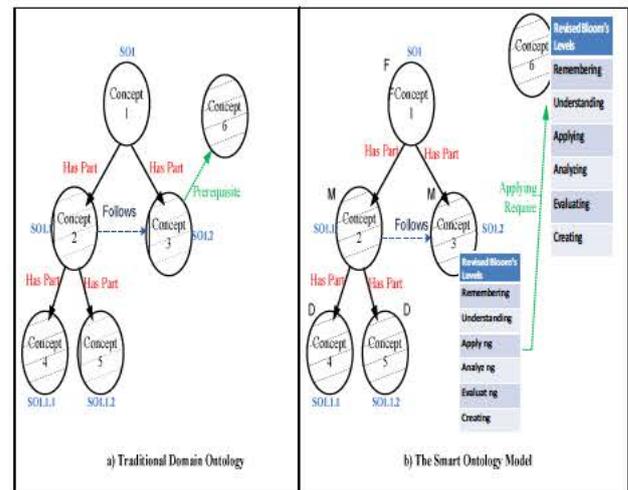


Figure 3. Abstract Example of Domain Concepts' Ontology

In domain ontology, concepts are interconnected by a set of semantic relationships, such as:

- HP (Has Part): $X (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ means that, the concept X is composed of or can be covered by the concepts Y_1, Y_2, \dots, Y_n . It is interpreted as "Y₁, Y₂, ..., and Y_n are detailed topics of X that can be covered when teaching all or part of these subtopics depending on the required depth."
- F (Follows): $F (X, Y)$ means that it is preferable to teach Y and X in this order. This relation supports the concept ordering when designing a course.
- R (Related): $R (X, Y)$ means that, the concepts X and Y are related, i.e., conceptually one of those subtopics is sufficient to cover the parent concept.
- P (Prerequisite): $P (X, Y)$ means that, the concept Y requires the concept X , i.e., before you can teach X , you need to assure that Y is already captured by the learner. This

relation determines if the student is missing a certain background X in order to be able to follow on a specific concept Y, if so, a compensating topic or preview is added to the one-on-one course delivery.

The Smart Ontology Model (SOM), as shown in Figure 3.b, has two improvements on the traditional model described above. In SOM, the concept's node is a complex structure. Each node is given a complexity value (F=Fundamental | M=Medium | D=Advanced) that is used to guide the design of a training course according to the course's complexity. For instance, if the course is a medium-level course, all advanced concepts (Marked with D) can be ignored; only F & M concepts are included.

The second improvement in SOM is the accommodation of the Revised Bloom's Taxonomy (RBT) [18]. Each concept node is made of six levels corresponding to Bloom's levels. This will make SOM as a multilayered diagram; one layer for each of the Bloom's levels. This improvement is intended to guide the course design phase in which the course objectives specify the target Bloom's level for each concept covered in the course. Accordingly, this concept's SOM's layer is employed and the relationship links are followed. Most importantly of those links is the prerequisite link which might reference a specific layer of another concept, as shown in Figure 3b. where Concept5 is having complexity "M" and whose "Applying" level requires Concept6 at Level "Understanding".

The P relationship is utilized in adapting the course content in case of a missing prerequisite. Assuming that concept Y requires concept X as a prerequisite at a certain RBT level L, then the Smart Adaptive course preparation/delivery system should use the SOM to assure that the course plan accommodates the missing knowledge of X before Y is presented. Figure 4 shows how the course design is adapted according to the SOM of two different students. It is assumed in this example that Student1 hasn't studied neither "Problem Representation" nor "Search Strategies", which are prerequisites for all types of search, while student2 has acceptable applying level in both concepts. Therefore, the course content is adapted to accommodate what Student 1 is missing.

2.2 Student's Learning Styles

Each individual has his/her unique way of learning. Learning style greatly affects the learning process, and therefore its outcomes [9]. The underlying idea of a learning style approach is that a person learns more effectively when information is presented in a manner that matches his/her preferred methods of acquiring and processing information.

Learning styles are defined differently by different researches. For example, Alonso [19] defined learning styles according to cognitive psychology as "personal manners to perceive and process information, and how they interact and respond to educational stimuli", while Keefe [20] defined learning styles as "characteristic cognitive, affective and psychological behaviors that serve as relatively stable indicators of how learners perceive, interact with and respond to the learning environment".

Recently, there arose many learning style theories, such as: Kolb learning style theory [21], Gardner's Multiple Intelligences theory, and Felder-Silverman learning style theory. FSLSM [22] is the learning styles model that is adopted by SELK as it is more comprehensive and leaning towards adaptation more. Figure 5 sheds lights on the different dimensions of FSLSM. FSLSM incorporates four dimensions, the perception dimension (sensing/intuitive), the processing dimension (active/reflective),

the input dimension (visual/verbal) and the understanding dimension (sequential/global). Each student has a preference on each of the four dimensions, e.g., sensing/ visual /active/sequential). Figure 5 depicts the four dimensions of the FSLSM.

	Remembering	Understanding	Applying
Problem Representation	False	False	False
AI search strategies	False	False	False
Uninformed search	False	False	False
Depth first search	False	False	False
Breadth first search	False	False	False

a) Student1's BK Model

	Remembering	Understanding	Applying
Problem Representation	True	True	True
AI search strategies	True	True	True
Uninformed search	False	False	False
Depth first search	False	False	False
Breadth first search	False	False	False

b) Student2's BK Model

Student1		Student2	
1. Problem Representation			
2. AI Search Strategies			
2.1. Introduction to AI Search strategies			
2.2. List of AI Search strategies			
2.3. Illustration of AI Search strategies			
3. Uninformed Search		1. Uninformed Search	
3.1. Definition of Uninformed Search Strategies		1.1. Definition of Uninformed Search Strategies	
3.2. List of Uninformed Search Strategies		1.2. List of Uninformed Search Strategies	
3.3. Description of Uninformed Search Strategies		1.3. Description of Uninformed Search Strategies	
4. Depth First Search		2. Depth First Search	
4.1.		2.1.	

c) Adapted Course's Topics for Each Individual Student (Course Table of Contents)

Figure 4. An Example of Course Adaptation based on each Students' Background Knowledge

Definition	Dimension		Definitions
	Active	Reflective	
Do it	Active	Reflective	Think about it
Learn facts	Sensing	Intuitive	Learning concepts
Require Pictures	Visual	Verbal	Require reading or lecture
Step by step	Sequential	Global	Big picture
From particulars to generalities	Inductive	Deductive	From generalities to particulars

Figure 5. Felder-Silverman's Learning Style Model [22]

SELK utilizes the learning style model in choosing the most appropriate pedagogy that suite the best for each individual student. The learning style directs both the selection and sequencing of the learning objects (LOs) when delivering a course material to a student, as depicted in Figure 6, while Table 1 summarizes how the pedagogy is managed.

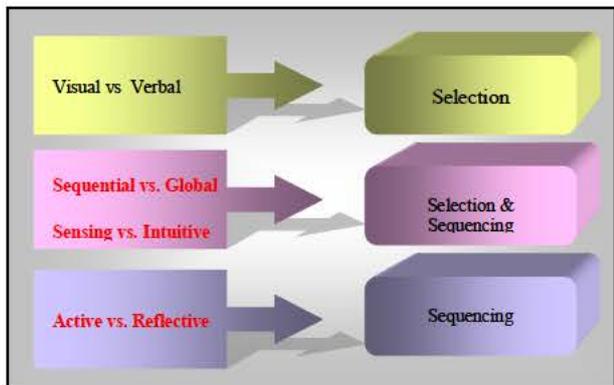


Figure 6. The Effect of Learning Styles on Organizing Learning Materials

Figure 7 depicts two examples to demonstrate how SELK adapts the presentation according to Students' LS. Moreover, Figure 8 demonstrates how LS directs student assessment by suggesting where exercises should be located. Notice that the position of the exercises section changes according to the learning style.

This research suggested modifying and adapting the LO metadata standards by adding extra attributes as well as employing some other attributes after stretching their space of acceptable values in such a way that is necessary for supporting the theories accommodated by SELK.

3. The Delivery Engine Architecture

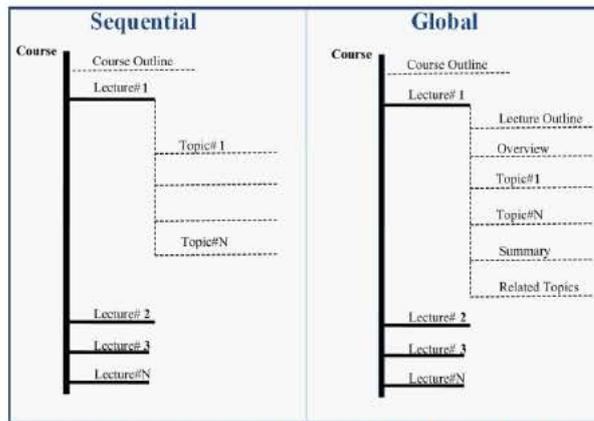
Figure 9 depicts the architecture of the SELK building and maintaining environment, while the architecture of the Smart e-Learning course delivery environment is shown in Figure 10. The Delivery engine is responsible for providing adaptive courses personalized for each individual student according to his/her learning model. The student learning model is identified and saved at the student registration time through a LS questionnaire and Knowledge assessment tests. This model is then used all over the student interaction with the Smart Tutor.

4. Evaluation

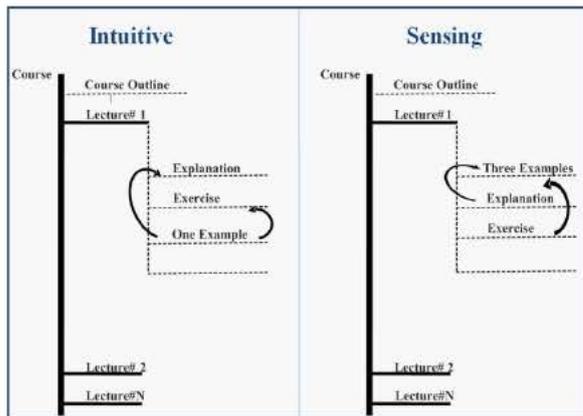
In order to validate SELK, a prototype was developed using Microsoft .NET Visual Basic (VB) and Active Server Pages (ASP), which allows the dynamic generation of pages with Visual Studio 2005 and executed on a Windows XP/Vista platform. A course module was also implemented in the domain of Artificial Intelligence specifically Depth first and Breadth first search as uninformed search strategies.

One of the methods followed in evaluating the model was to conduct two experiments in each of which three groups of uniformly distributed students, of a total of thirty students, were formed according to Graf's study [32]. The students were distributed to the three groups randomly such that their GPAs are uniformly distributed across the groups to become probabilistically equivalent.

When the students registered to the system, they were asked to fill in a student model assessment questionnaire the purpose of which is to identify the values of each parameter of SELK for each individual student. Those parameter values compose the specific student model for each individual, which will aid in adapting the material presentation to the student accordingly.

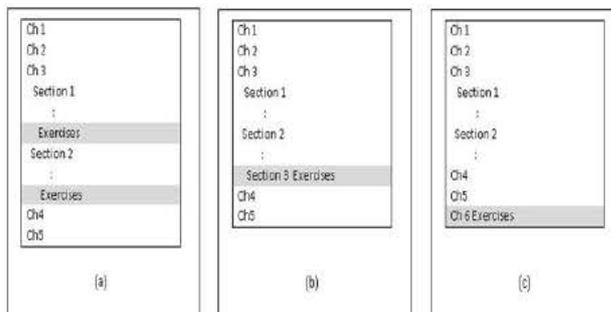


a) Course Framework for Sequential and Global Students



b) Course Framework for Intuitive and Sensing Students

Figure 7. An Example demonstrating how SELK Adapts Course Delivery According to Student's LS



(a) Active (b) Sensing/Reflective (c) Intuitive/Reflective
Figure 8. Positions of exercises based on student's learning styles – Sample Personalized TOCs

Table 1. Recommended Implications of FSLSM on Pedagogy

Style	Selection Criteria	Sequencing Strategies
Global	Retrieve the LOs that have Depth type = { <i>General Overview, In-depth</i> }.	<ul style="list-style-type: none"> • Present the general overview LO at the beginning of each chapter or section. • The sequence of the general overview LOs depend on their presentation order in the original materials. • Finally, present the in-depth LOs of each section.
Sequential	Retrieve the LOs that have Depth type = { <i>In-depth</i> }.	Present the in-depth LOs in their sequence in the original materials.
Sensing	Retrieve the LOs that have <i>Concrete</i> content → Content type = "concrete".	Present the LO with the <i>Example</i> Instructional Format before the LO that have <i>Explanation</i> Instructional Format.
Intuitive	Retrieve the LOs that have <i>Abstract</i> content → Content type = "Abstract".	Present the LO with the <i>Explanation</i> Instructional Format before the LO that have <i>Example</i> Instructional Format.
Active	---	Present the Exercises immediately after the related LO or the related section.
Reflective	---	Present the Exercises at the end of each chapter (sensing) or at the end of the course/e-book (intuitive).
Visual	Retrieve LO that have the Format = {Figure, Graph, Image, Video Clip}.	---
Verbal	Retrieve LO that have the Format = {Table, Text, Audio Clip}.	---

Table 2. LO's Extended Metadata Attributes as suggested by SELK

Attribute	Description	Values
Concept	Concept covered by this LO	
Technical format	Technical data type for LO	{Pictures, Graphs, Images, Diagrams, Flowcharts, Schematics, Concepts maps, Animation, Video, Audio, Schematics, Text, Highlighted text, Hypertext}.
Instructional role	Specific kind of LO	{Introduction, Overview, Definition, Fact, Remark, Example, Explanation, Description, Illustration, Comparison, Summary, Conclusion, Theory, Rule, Formula, Procedure, Algorithm, Exercises, Case study, Real world problem, Question , AnswerToQuestion}.
Cognitive level	That is covered by this LO according to RBT	{Remembering, understanding, applying}
Content type	Type of concept	{Concrete, Abstract}.
Teaching Strategy	Teaching strategy used within the LO	{Expository Explanation, Inquisitor Explanation, Assessment}.

Students belonging to the first group (referred to as matched group) were presented with a course that matched their learning styles. The second group (referred to as mismatched group) got a course that mismatched their learning styles. The third group (referred to as control group) was provided with a course where all available learning objects were presented in a default sequence independent of the students' learning styles. After studying the material through the system, students were given a post-test for assessing their learning outcomes and performance.

To assess the efficiency of the learning process, the first experiment put no time limit on the students to finish studying the material; once the student finishes studying he/she were presented with an assessment quiz. While the second experiment was designed to assess the effectiveness of the learning process by limiting the study time to a maximum of 30 min. for the student to finish studying the material after which they were presented with the evaluation quiz to assess their depth of understanding. In both experiments the system measured the elapsed time per each student. Table 3 describes the results of the first experiment while Table 4 shows the results of the second experiment.

The results clearly demonstrate that the model presented by SELK enhanced both the efficiency and effectiveness of the learning outcomes of the students.

Table 3: The Results of the First Experiment

	Matched Group		Mismatched Group		Control Group	
	M	SD	M	SD	M	SD
Time spent to study the course (in minutes)	18	5.37	30	6.24	27	11
Score of the post-test (10 marks)	8.8	1.62	7.30	3.68	8.75	3

Table 4: The Results of the Second Experiment

	Match Group	Mismatch Group	Control Group
Mean Of post test Score	7.05	5.14	5.36

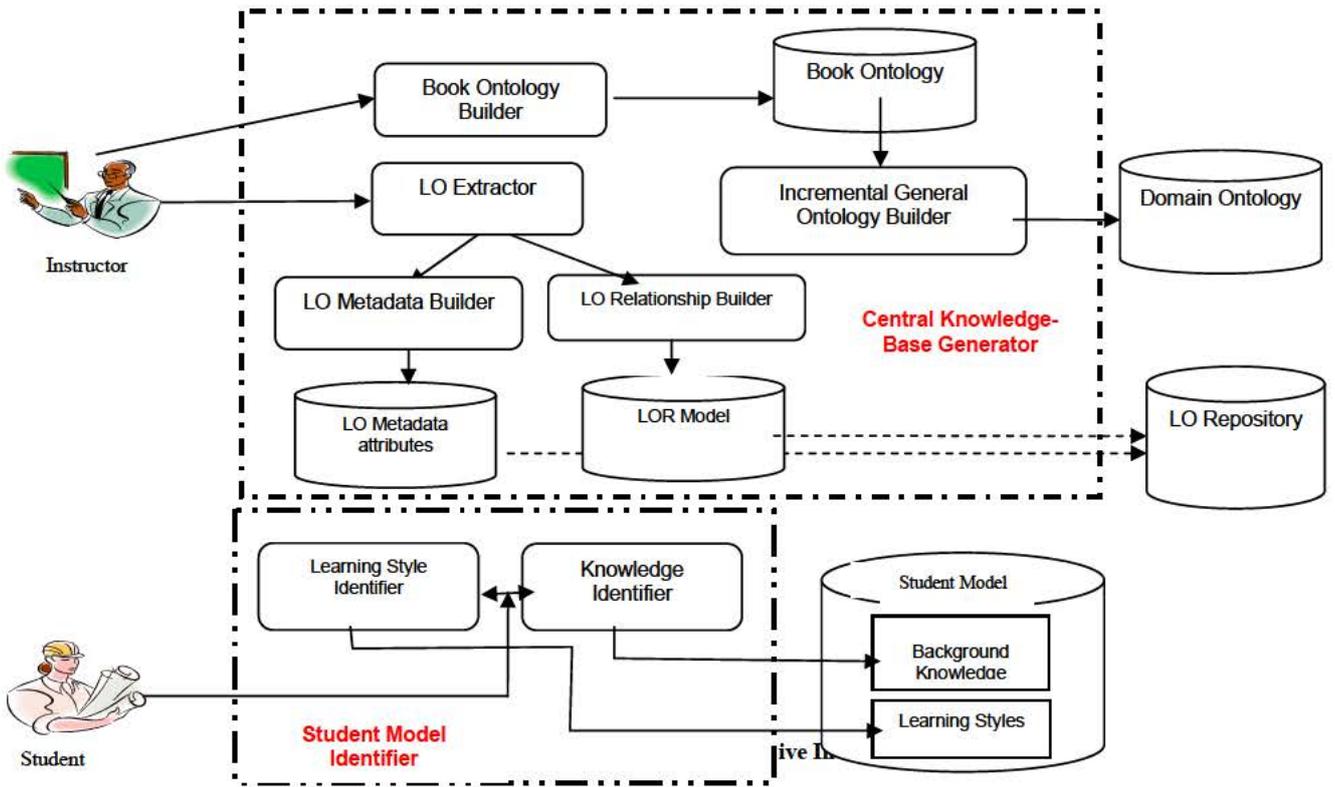


Figure 9. SELK Building Architecture

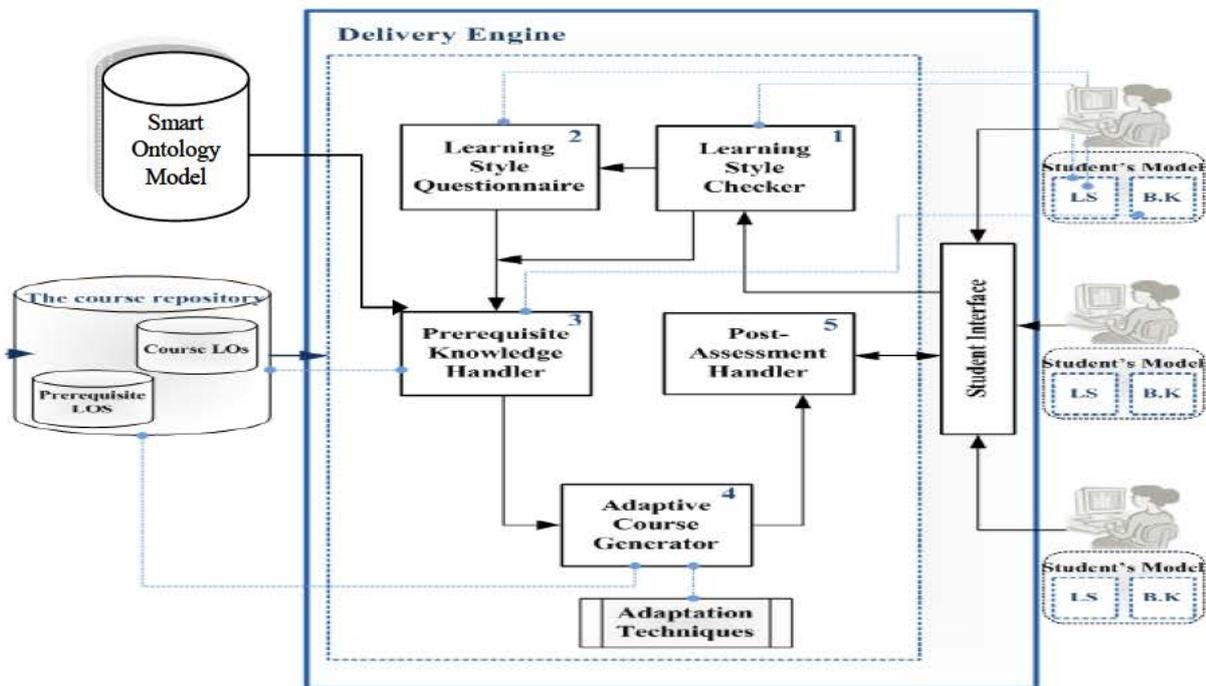


Figure 10. The Architecture of eTutor-Student Adaptive Interaction Delivery Engine

5. Related Work

Adaptive educational hypermedia is an inspiring area of research that combines Intelligent Tutoring Systems (ITS) with educational hypermedia [3] employing the concept of student model. Two types of adaptation arose, namely, adaptive presentation and adaptive navigation, which proved positive effects on student's learning and comprehension [23]. Adaptive presentation systems, such as InterBook [24], and AHA [25], adapt the content of the learning materials, while adaptive navigation systems, such as ELM-ART [25], and WEAR [26], adapt the hyperspace links to help students to find their optimal paths.

Student model is a core part of all adaptive educational hypermedia systems, and so is the work in this research. The different aspects of the student model that are mostly used in adapting the content and navigation of the hypermedia are: goal, experience, preferences, background knowledge, and learning styles. This article focuses on the latter two while a more comprehensive model is considered by the bigger 12-years-long Smart e-Learning project [11,12]. The field of learning styles has been incorporated in few prototypes of educational systems to satisfy the students' differences in perceiving and processing information; examples are CS383 [27], LSAS, INSPIRE, Tango [26], [28].

On the other hand, educational metadata records are developed to extend the scope of standard metadata by adding additional fields, which describes information that has particular educational relevance [29,30,31]. This research, likewise, suggested modifying and adapting the LO metadata standards by adding extra attributes as well as employing some other attributes after stretching their space of acceptable values in such a way that is necessary for supporting the theories we accommodated.

6. Conclusion

Educational and cognitive theories showed that in one-on-one learning sessions, better outcomes would be achieved if learner's models were properly used in designing and delivering learning material. Instructor's submitted material should be presented in the form of a set of LOs augmented with suitable metadata attributes upon which personalization will depend. The 12-years-long Smart e-Learning research project "Smart School of the Future" has demonstrated how student model can be utilized in order to personalize both the presentation of learning material to each individual learner. For instance, the learner background knowledge interferes with the course design for this specific student to cover those missing concepts but in such a way that matches the theme of this specific course: goals and complexity. Furthermore, the learning style of each individual learner would drive both the selection and sequencing of cognitively augmented LOs. On the other hand LO selection should be directed by a comprehensive domain ontology model.

This article presents a framework of the Smart e-Learning Knowledgebase (SELK) that is a core constituent of the 12-years-long Smart e-Learning research project "Smart School of the Future". SELK integrates three components: Smart Student Model (SSM), Smart Cognitive Augmented Learning Object Repository (SCALOR), and Smart Ontology Model (SOM). SCALOR extends the structure of metadata attributes of learning objects (LO) to augment cognitive characteristics so as to allow for personalizing both the content and presentation of the learning material according to each individual smart learner's model

SSM. SSM extends the concept of student model to accommodate four components of a learner's profile: background knowledge, learning style, skills and traits model, and emotional mode. This article discusses the use of the first two components only for personalizing the learning material presentation. SOM is a especially designed comprehensive ontology structure to accommodate instructional theories, such as RBT, to aid both the instructor and the student during the two phases of course development and delivery, respectively.

In order to verify and evaluate SELK and its constituents, prototypes were implemented, experimental lectures were designed, and experiments were conducted on computer science students. Results revealed that such a model enhances both the efficiency and effectiveness of the learning process and achieves improved outcomes.

The bigger research project "Smart School of the Future" is continuing its efforts in extending SELK to investigate other dimensions of the student model, such as thinking style, cognitive model, IQ, objectives...etc. In addition, the project is continuing the investigation of the impact of such components on the learning process on a larger scale. A plan is set to apply the model on a full scale course rather than a single lecture. This full course will be used as a basis for evaluating the whole model and its impact on both the efficiency and effectiveness of the learning process. On the other hand, such a project should also evaluate the effort and cost required to develop courses according to the concept set by SELK. In addition, it must identify the kind of support an instructor would require of tools as aids for designing courses according to SELK's model.

7. References

- [1] Snow, R, and Farr, M.1977. Cognitive-conative-affective processes in aptitude, learning, and instruction: An introduction, Conative and affective process analysis, 3.
- [2] Russell, T. 1977. Technology wars: Winners and losers, *Educom Review*, 32(2).
- [3] Brusilovsky, P. 2002. Developing adaptive educational hypermedia systems: from design models to authoring tools, in T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth (Eds.) *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost-Effective Adaptive, Interactive, and Intelligent Educational Software*, Ablex, Norwood
- [4] Paolucci, R. 1998. Hypermedia and learning: The relationship of cognitive style and knowledge structure, In the *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM*, Freiburg, Germany, June 20–25, 1998.
- [5] Gamalel-Din, S. 2002. The Smart Tutor: Student-Centered Case-Based Adaptive Intelligent e-Tutoring, in the *Proceedings of the First International Conference on Informatics and Systems*, INFOS2002.
- [6] Gamalel-Din, S. 2002, Have We forgotten Emotions? Temporal Proactive Student Modeling, *AUEJ*, Vol 5, No. 4, Sept. 2002.
- [7] Whitehurst, R., Powell, C. and Izatt, J. 1998. Utilizing the Student Model in Distance Learning, In the *Proceedings of the ITiCSE' 98*, ACM.
- [8] Brown, E., Brailsford, T., Fisher, T., Moore, A. and Ashman, H. 2006. Reappraising Cognitive Styles in Adaptive Web Applications, In the *Proceedings of the*

International World Wide Web Conference Committee (IW3C2), ACM, Edinburgh, Scotland, May 23–26.

- [9] Hong, H., and Kinshuk, 2004. Adaptation to student learning styles in web based educational systems, In L. Cantoni & C. McLoughlin (Eds.), *Proceedings of EDMEDIA 2004 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (Lugano, Switzerland), June 21-26.
- [10] Anderson, L. and Krathwohl, D. 2001. *A Taxonomy for learning teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman, Inc, New York.
- [11] Gamalel-Din, S. 2009. *Smart E-Learning School of the Future: Project Report*”, In the *Proceedings of the 6th E-learning Applications Conference*, Cairo, 10 -12 Jan.
- [12] Gamalel-Din, S. 2009, *Smart E-Learning: A Greater Perspective, From the 4th to the 5th Generation e-Learning*, In the *Proceedings of the First International Conference on Operations Research and Applied Informatics (CORAI 09)*, Cairo, Egypt, 15 – 19 February.
- [13] Gamalel-Din, S., Al-Saad, F. 2008, *Smart E-NoteBook: an Adaptive Hypermedia Learning Material Management Environment*, The 7th European Conference on e-Learning, Cyprus , 6-7 November 2008.
- [14] Gamalel-Din S., and Al-Saad, F. 2008, *Learning styles, Learning Objects, and Adaptive e-Learning*, Al-Azhar Engineering 10th International Conference, Cairo, 24-26 December, 2008.
- [15] Noaman, A., Gamalel-Din, S., Essa, F., and Al-Sherbini, M. 2008, *Building an E-Learning Content Management Framework*, *Journal of Administrative research*, July 2008.
- [16] Al-Ayed, A., and Gamalel-Din, S.2009. *The Smart Office Hours Assistant: an Intelligent Student-Centered FAQ System*, In the *Proceedings of ECEL 2009, The 8th European Conference on e-Learning*, Bari, Italy, 29-30 October 2009
- [17] Gamalel-Din, S., Al-Otaibi, R. 2010. *Intelligent Querying For Adaptive Course Preparation and Delivery in E-Learning*, In the *Proceedings of the Ninth IASTED International Conference on Web-based Education*, Sharm El-Sheikh, 15-17 March, 2010.
- [18] Anderson. L. and Krathwohl, D. 2001, *A Taxonomy for learning teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*, Addison Wesley Longman, Inc, New York.
- [19] Alonso, C. 1993. *Educational technology and learning styles: Rethinking the Roles of Technology in Education*, In the *Proceedings of the Tenth International Conference on Technology and Education*, pp 1277-1279.
- [20] Keefe, J. 1979. *Learning style: an overview*”, In J.W. Keefe, editor, *Student learning styles: diagnosing and prescribing programs*. NASSP, 1979.
- [21] Mustaro, P., Silveira, I. 2006. *Learning Objects: Adaptive Retrieval through Learning Styles*, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, Volume 2.
- [22] Felder, R. and Brent, R. 2005. *Understanding Student Differences*, *Journal of Engineering Education*, Vol. 94 No. 1.
- [23] Moundridou, M., and Virvou, M. 2001. *Authoring and Delivering Adaptive Web-Based Textbooks Using WEAR*, In the *Proceeding of Second IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'01)*, IEEE, Madison, WI, USA, pp 185-188.
- [24] Brusilovsky, P., Eklund, J., and Schwarz, E. 1998. *Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware*, In the *Proceedings of the seventh international conference on World Wide Web 7*, Elsevier Science, Brisbane, Australia, pp 291 – 300.
- [25] Henze, N. 2000. *Adaptive Hyperbooks: Adaptation for Project-Based Learning Resources*, Ph.D. Thesis, University of Hanover, Germany.
- [26] Stash, N., Cristea, A., and Bra, P. 2004. *Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions*, In the *Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters*, *International World Wide Web Conference*, New York, NY, USA, pp 114 – 123.
- [27] Carver, C., Howard, R. and Lane, W. 1999. *Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles*, *IEEE Transactions on Education*, Volume 42, Issue 1, pp 33-38, Feb.
- [28] Graf, S., Kinshuk, and Kappel, G. 2007. *Adaptivity in Learning Management Systems Focusing on Learning Styles*, Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Faculty of Informatics, Vienna, December.
- [29] H.S. Al-Khalifa and H. C. Davis, 2006. *The Evolution of Metadata from Standards to Semantics in E-Learning Applications*, In the *Proceedings of the Seventeenth Conference on Hypertext and hypermedia*.
- [30] Bourda, Y. and Doan, B. 2003. *The Semantic Web for Learning Resources*, In the *proceeding of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- [31] McClelland, M. 2003. *Metadata Standards for Educational Resources*, Volume 36, Issue 11, Nov.
- [32] Graf, S. and Kinshuk, K. (2007) *Providing Adaptive Courses in Learning Management Systems with Respect to Learning Styles*. In *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, AACE, 2007, pp. 2576-2583.

Long-distance runner training system for smartphones

Samuel Sandru
University of Granada
Campus de Aynadamar, s/n,
18071 Granada (Spain)
ss55@correo.ugr.es

Miguel J. Hornos
University of Granada
Campus de Aynadamar, s/n,
18071 Granada (Spain)
mhornos@ugr.es

Maria Luisa Rodríguez
University of Granada
Campus de Aynadamar, s/n,
18071 Granada (Spain)
mlra@ugr.es

ABSTRACT

For many people nowadays, sports is a vital part of their physical and mental well-being and there is a certain sport that each day acquires more adeptness, running. The proposal presented in this paper tries to help runners by offering assistance for those interested in competing in long distance running, and more specifically in marathon distance. Our objective therefore consists in analysing the necessities of long distance runners, designing and proposing a system that aims at assisting sportsmen in their decision making on the planning of their training sessions and thus avoiding injuries caused by overtraining. The system should be able to offer training advices, make route recommendations based on the user location context and provide feedback during the specific training.

Categories and Subject Descriptors

C.5.3 [Computer system implementation]: Microcomputers – Portable devices (e.g., laptops, personal digital assistants).

General Terms

Design.

Keywords

Keywords are your own designated keywords.

1. INTRODUCTION

In the world of running, and especially in the world of long-distance running, the concept of marathon alludes to an impressive effort linked with the idea of sacrifice and willingness. In order for a person to complete such a race, there is a necessity of following a special training plan, and use of adequate equipment, such as timers, hearth sensors, special shoes and clothing. With the continuous development of mobile phones, which has introduced the present smartphones, many have seen a new opportunity of developing useful applications that come in help of users, saving time, money and effort.

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain. Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

In this field, there are several commercial applications, but how useful are they? What benefits do we obtain by using them? In this paper, we will provide an overview of the necessities of this type of athletes and we will try to offer a solution to the encountered problems.

When training for a race of the magnitude of a marathon, small mistakes can lead to injuries, from which we emphasize: Iliotibial Band Syndrome, Patelofemoral Syndrome, Plantar fasciitis, for being the most common in this kind of sport. Needless to say injuries at this level of training are almost certain synonym of withdrawal from the race.

It is therefore necessary to guide the runner through an adaptable and adequate training schedule in order to avoid overtraining and with this avoid injuries. In addition to the above mentioned training schedule, the system should be able to offer training routes that best suit runner's requirements. The recommendations are made based on each user's location context and once the training session has begun, the system should be able to track the different session parameters, compare them to the required ones and offer feedback based on the comparison. Another interesting feature is the possibility of users to make use of routes, which are rated, and uploaded to the server by other fellow runners, reason why our proposal could be considered to be in some sense a collaborative system.

Based on these ideas, we have conducted a search for related work in both the research field and the commercial one, to analyse the different approaches and applications proposed related to the world of long distance running. Due to the existing lack of solutions in this field, this paper intends to propose an innovative and useful system that takes into considerations the needs of long-distance runners.

The rest of the paper is structured as follows: Section 2 presents the related work in this area. Section 3 contains our proposal and an overview of the main technologies used in this proposal. Finally, the last section outlines our conclusions and points out some future lines of research.

2. RELATED WORK

In what refers to research, three are the works that we have found related in some way to one presented in this paper. The main features of each of them are discussed below.

A virtual trainer for indoor exercise using a static bicycle is proposed in [1], this article concludes that a virtual trainer increments the willingness of its users to practice sports. A completely different approach is provided in [2], which aims at solving the interconnectivity problems that occur when using a smartphone in conjunction with different external devices during sport practice, this is done in order to reduce costs. Several key approaches to parts of our problem are offered in [3], by making use of the GPS for the creation of a virtual trainer. The concepts of map and route tracking are also present in this paper, and although they are not related to running, they are oriented to outdoor exercising. Moreover, this work offers other innovative concepts, such as the use of GPS for locating and tracking the user movements and the smartphone capability for voice synthesis.

As a kind of summary, we can say that the research papers related to our area of interest seem to concentrate on increasing the user's appetite for sports by making use of the technology. As far as we know, there is a complete lack of papers connected with the sport of running, since no papers on this subject has been found.

Fortunately, in the field of commercial applications there are solutions more connected with the sport of running. RunKeeper [4] is an application capable of tracking our progress and offer feedback on certain parameters (e.g. speed, pace or distance). MapMyRun [5] is a more complete application that offers similar features to RunKeeper and adds features as nutrition advices, the possibility of taking pictures or sharing results via social networks. We opted for excluding these last features, since they interfere with the runner's concentration and increase his distraction. Runner's World Smartcoach [6], which was released at the end of August 2011, is an application that offers training plans for different running races, the concept is similar to the training schedule we offer.

An application that users appreciate is RunStar [7]. We do not intend to discuss all the features it offers, which are very limited in the free version, but two key ones are altitude maps and the possibility of listening to music while running.

Regarding the altitude maps we will discuss their effects in section 3.3. When it comes to music, most people agree that it is a tremendous stimulus that helps people go forward when they are in distress. In the case of long-distance running, there are more things that must be considered: (1) As people are subject to much stress and effort, pushing too far might cause accidents, which might be even lethal. (2) Concentration on running technique is lost when running listening to music and distraction increases; this again causes accidents. (3) Training in one way, with music, and racing in other, without music, is a whole new experience, especially when doing this for 42.195 meters, but why not racing with music? Because it is forbidden. The International Association of Athletics Federations, which is in charge of regulating athletics sports, clearly specifies that possession of CD, radios, or similar devices is prohibited (see article 144.2b in [8]). We therefore consider that listening to music while training for long distances is a mistake and applications in this field should not incorporate this feature.

3. OUR PROPOSAL

In broad terms, a basic scheme of our proposal is shown in Figure 1 where we can see the different modules that make up our system.

3.1. Planning module

The planning module proposed in this paper is based on the research of Dr. Daniels, who in the books [9] and [10] links the concepts of VO2Max¹ and running pace, since the body utilizes oxygen to produce energy during running. This author uses mathematical equations to develop two types of tables; the first type shows the relation between different long running distances and time achieved by athletes competing at these distances. A sample of this table is shown in Table 1. The intersection of the two magnitudes (race type and time) provides us with a constant, called VDOT, which can be used to calculate the pace at which an athlete must train during his preparation for a long distance race. The second type of table, resumes the different VDOTs and the pace for the diverse training session types.

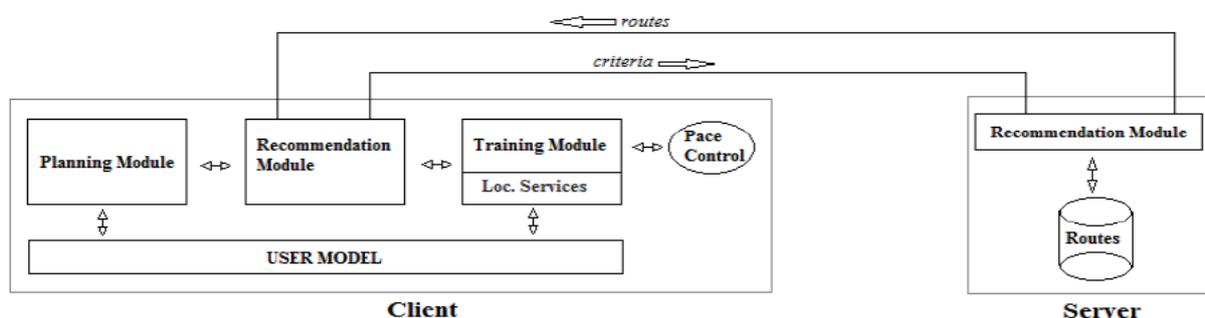


Figure 1 Scheme of our proposal

¹Oxygen consumption during exercise

Table 1. Relationship between race time and distance races

5000m	10000m	15000m	Half Marathon	Marathon	VDOT
30:40	1:03:46	1:38:14	2:21:04	4:49:17	30
29:05	1:00:26	1:33:07	2:13:49	4:34:59	32

3.2. Localization method

Once we have created the training schedule, we have to decide how to monitor the advances during each training session. For this aspect, we have decided to create a module in our application based on a localization method that allows users to measure the parameters of the session and track the route they are following. The available location methods are Phone Positioning System [11] with an accuracy of 50m-150 m, Wi-Fi Positioning [11] and Assisted GPS [12] with 20m-500m and 1m-10m accuracy respectively. Therefore the adequate method for our system would be Assisted GPS, due to the requirements in precision imposed by the route tracking feature. However, the use of GPS does not entail only advantages. [13] shows how power consumption is divided between the different sensors of a smartphone, being the GPS one of the most avid sensors with an approximate battery life of 7.1 hours, the positive interpretation is that this value is more than sufficient even for the longest training sessions.

3.3. Recommendation module

As we have stated previously, our training system should provide specific routes according to the necessities of each training session. The recommendation is to be made based on the user location, and should also take into account the distance that the user has to cover, so that the routes offered shall exceed these distances. Another important factor that is to be taken into consideration is the cumulative altitude, which is the sum of every change in elevation through the entire session. Therefore, when storing a route on the application server, besides the coordinates, we should also store the distance, the comment of the runner who uploads the route, and the cumulative altitude. Some applications (e.g. [7]) opt for showing the runner the altitude map not considering that some runners, not to say the majority, would mistakenly interpret the altitude map. Regarding the altitude Gottschall et al. [14] proposed a study to measure the impact forces when running on slanted surfaces, the result might be surprising for those unrelated to the world of sports or medicine: when running downhill on a surface slanted at 9°, the impact forces increase by 54% compared to when running on a flat surface; the study therefore concludes that “*downhill running substantially increases the probability of overuse running injury*”. We must therefore find a way to warn the user when running on a slanted surface, as well as we should refrain from recommending excessive downhill routes to users.

3.4. Training module and pace control

In order to help the user with his running sessions, a module dedicated to calculations relating the pace, distance and time should be available in our application. Besides basic operations that aim at calculating the aforementioned magnitudes, this module should be able to advert the user when running downhill, so that the user can control his stride and speed accordingly, to avoid overuse injuries. Audible signals seem to be the most appropriate means of communicating the warning. When using audio signals, we still have to decide between two possibilities: make the pace control module using voice, which has the ability of being descriptive and flexible, or use sound signals, such as beeps, in order to advise the user. In our case, there is not much need of flexibility, since we only need to communicate two states, fast or slow, so using two different frequency beeps is more than enough. Besides having the benefit of being concise, using beeps instead of voice makes our application more usable, taking into consideration that it is easier distinguishing the frequency of a sound than the semantic of several words when under stress, noisy environment and different locations of the terminal.

3.5. User model

In order for our system to be usable and have a personal feel, it should be adaptable and adaptive. Therefore, it should take into consideration the preferences of the user. To manage his preferences, we decided to make use of a user model made up of several basic attributes that make the application feel friendlier. There are three main types of user models [15]: static, dynamic, and based on stereotypes. The *static* user model is a collection of preferences that once gathered it does not change. The second type, *dynamic*, adds the possibility of evolution over time and is seen as a more appropriate solution because of this distinction. The third type is one *based on stereotypes* and its function is based on a classification of users in groups. One system can therefore use this kind of user model by supposing that each group follows a certain behavioural pattern. In our case, we opted for the dynamic type, taking into account that the static user model does not offer the possibility of making changes and the model based on stereotypes is more suitable for large systems, where the user models are stored all together for analysis and prediction of behaviour.

A brief analysis of our application reveals the need of separating the users by the language used, and also by the measurement system, considering that users from the US or the UK would prefer distances in miles, for example. Moreover, as we cannot force a user to follow a training plan, we should also decide whether a user is a “follower” or not and whether the user prefers the use of the pace controller described earlier or not.

There are two ways in which we can collect information to create the models, asking for attributes explicitly or infer them based on observation. It is not plausible to infer whether a user has decided to follow a training plan or not, and whether the user prefers the pace control or not, so the first method of asking explicitly should be used. For the language attribute, it is possible to infer it on an

observation base using the language of the terminal. In our case, and as an example, we could approach this in the following way: if the default language of the terminal is English, then set the language attribute to English; if the variety of English is US, make the Imperial System the default measurement system used by the application, but if the variety is AU, make the Metric System the default one. It is important to highlight that the association between language and metric system can be changed by the users whenever it is considered appropriate.

As a conclusion to our proposal, in Figure 2, we can observe two screenshots of our user interface.



Figure 2 Screenshots of the user interface

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

After analysing the pros, cons and the main features of both commercial and research solutions, we concluded that all of them have serious deficiencies. Consequently, our proposal tries to provide solutions to these deficiencies. Thus, it can be considered as more professional than the existing ones, since it discards or modifies damaging features, such as altitude maps or the possibility of listening to music when running. Other features, such as the possibility of taking photos, nutrition advices or social network connectivity are not considered, since they are either superfluous or do not have a central importance in our work. Instead we have concentrated on integrating several new aspects for avoiding injuries. Some of the most innovative aspects of our proposal are: the pace control module based on altitude and sound warnings, and the route recommendation module, which is based on the geolocation context, cumulative altitude, and distance of the training session. We would also like to underline that our planning module is based on scientific research, the work of Dr. Daniels. Future work in the area can be undertaken by improving the tracking module so that a real-time tracking of one previously selected route can be carried out. Also a better version of the pace monitor could be made so that the pace can be modified in real-time accordingly to the temperature, humidity or difference in altitude. For achieving this, a previous study should be conducted

to observe how heart rate is modified with differences in temperature or air humidity. We are also working on an empirical evaluation of our training system using a group of athletes in order to determine the suitability of our training system.

References

- [1] IJsselsteijn W., De Kort Y., Westerink J., De Jager M. and Bonants R.: Fun and Sports: Enhancing the Home Fitness Experience. International Federation for Information Processing, Vol. 3166, 2004.
- [2] Gupta N. and Jilla S.: Digital Fitness Connector: Smart Wearable System, First International Conference on Informatics and Computational Intelligence, 2011.
- [3] Buttussi F., Chittaro L. and Nadalutti D.: Bringing mobile guides and fitness activities together: a solution based on an embodied virtual trainer, Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, 2006.
- [4] FitnessKeeper Inc.: RunKeeper, <http://runkeeper.com/>.
- [5] Mapmyfitness Inc.: MapMyRun, <http://www.mapmyrun.com/>.
- [6] Rodale Inc.: Runner's World SmartCoach, <http://www.runnersworld.com>.
- [7] Runstar, Runstar, <http://runstar.se/>.
- [8] International Association of Athletics Federations: Competition rules 2012-2013, http://www.iaaf.org/mm/Document/06/28/26/62826_PDF_English.pdf.
- [9] Daniels J.: *Daniels' Running Formula*, Versa Press, 2005.
- [10] Daniels J. and Gilbert J.: *Oxygen Power: Performance Tables for Distance Runners*, 1979.
- [11] Willaredt J.: WiFi and Cell-ID based positioning - Protocols, Service-centric Networking, 2011.
- [12] Van Diggelen F. S. T.: *A-GPS Assisted GPS, GNSS and SBAS*, Artech House, 2009.
- [13] Abdesslem F. B., Phillips A. and Anderson T.: Less is More: Energy-Efficient Mobile Sensing with SenseLess, Proceedings MobiHeld, 2009.
- [14] Gottschall J. S. and Kram R.: Ground reaction forces during downhill and uphill running, *Journal of Biomechanics*, Vol. 38, 2005.
- [15] Johnson A. and Taatgen N.: *User Modeling, Handbook of factors in Web design*, Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

Análisis eficiente de Transacciones para la mejora de Recomendaciones Web

Enrique Lazcorreta
Instituto Universitario Centro de
Investigación Operativa (CIO)
Universidad Miguel Hernández
enrique@umh.es

Federico Botella
Instituto Universitario Centro de
Investigación Operativa (CIO)
Universidad Miguel Hernández
federico@umh.es

Antonio Fernández-Caballero
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
Universidad de Castilla-La Mancha
caballer@dsi.uclm.es

RESUMEN

Si trabajamos con grandes colecciones de datos y queremos obtener en poco tiempo la información más relevante que contienen podemos recurrir a la extracción de patrones mediante Minería de Datos. Entre los patrones más utilizados están las Reglas de Asociación, que miden la co-ocurrencia de ítems en grandes colecciones de transacciones. Tras muchos ensayos hemos encontrado un tipo de transacciones que pueden ser tratadas de un modo más eficiente que el que se han venido utilizando hasta hoy día. En este trabajo hemos aplicado un nuevo método a este tipo de transacciones, lo que nos ha permitido obtener en nuestros primeros ensayos tiempos de ejecución mucho más rápidos y que ofrecen más información que la obtenida con los algoritmos clásicos de Minería de Reglas de Asociación. Esto nos permitirá mejorar los tiempos de respuesta de un sistema de recomendación web para ofrecer respuestas a nuestros usuarios en tiempo real.

Categories and Subject Descriptors

H4.0 [Information Systems Applications]: Miscellaneous; H3.3 [Information Storage and Retrieval]: General; F.2.2 [Analysis of algorithms and problem complexity] Nonnumerical Algorithms and Problems - *Pattern matching*.

General Terms

Algorithms, Measurement, Experimentation.

Keywords

Association Rules Mining (ARM), Sistemas de Recomendación (RS), Modelado de transacciones

1. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la Minería de Reglas de Asociación (ARM) [1] se ha protegido del *dilema del ítem raro* mediante la definición de un soporte mínimo que impide estudiar los ítems de menor soporte (ítems raros) para evitar problemas de desbordamiento de memoria y poder ofrecer resultados en poco tiempo. En la evolución del ARM hay múltiples aportaciones que alivian este problema, pero siempre a costa de renunciar al estudio de algunas relaciones existentes entre los datos en estudio.

En los primeros trabajos sobre ARM se trataba de evitar la búsqueda de relaciones entre los ítems raros, [1,2,3]. En [4] proponen el uso de múltiples soportes mínimos para que un ítemset sea considerado frecuente sólo si su soporte es grande en relación al soporte de los ítems que lo forman. De este modo se ahorra espacio en memoria que puede ser utilizado para analizar ítems con menor soporte. El uso de un soporte relativo para cada ítemset basado en la confianza de las reglas que generan sus ítems, lo que permite guardar información de los ítemsets con menor soporte que el soporte mínimo que superen su soporte relativo [5], garantizando que las reglas que generan sean de calidad. En [6] se propone una mejora del algoritmo propuesto en [4] para dotarlo de escalabilidad. En [7] trabajan con las mismas ideas de soporte múltiple pero reducen el número de ítemsets a guardar en función de su *lift*, que mide la mejora que produce la presencia de un ítem en el soporte del resto de ítems que contiene. En [8] utilizan múltiples soportes basados en la distribución conjunta de los ítems y no sólo en su distribución individual como proponían en [4]. Todas estas aportaciones reducen el número de ítemsets almacenados en memoria, con lo que pueden almacenarse otros ítemsets menos frecuentes pero con mejor información sobre la población en estudio.

Cuando trabajamos con un número grande de ítems diferentes y una gran cantidad de transacciones el dilema del ítem raro sólo es resoluble utilizando mucho tiempo y/o potentes computadores. Lo que sorprende es que este dilema aparezca en colecciones de datos con dimensiones reducidas, como ocurre con los repositorios utilizados en los trabajos analizados sobre esta temática destacando *chess* y *mushroom*. [9,10,11].

chess recoge información sobre la posición final de una serie de piezas en el juego del ajedrez. Contiene tan solo 75 ítems distintos en un total de 3196 transacciones. *mushroom* recoge el valor de una serie de atributos medidos en ciertas setas, utilizando 119 ítems distintos en 8124 transacciones.

Todos los investigadores que han trabajado con estas colecciones han tratado sus transacciones del mismo modo que la clásica transacción formada por la "cesta de la compra". En nuestra investigación comprobamos que se puede dar un tratamiento diferente sin perder las ventajas del ARM ni aplicar nuevos algoritmos.

En la sección 2 daremos una definición formal para este tipo de transacciones. En la sección 3 mostraremos un método que resuelve el dilema del ítem raro en este tipo de transacciones utilizando los algoritmos clásicos de ARM. En la sección 4 exponemos los resultados experimentales obtenidos con *chess* y *mushroom* y en la sección 5 planteamos las conclusiones de este artículo.

2. TIPOS DE TRANSACCIONES

Una transacción es una serie de elementos o características (que llamaremos ítems) que han sido observados conjuntamente bajo ciertas circunstancias. Esta simple definición permite modelar muchas colecciones de datos mediante transacciones, desde la clásica "cesta de la compra" hasta el estudio de una sesión de navegación web, como si se tratara de un simple conjunto de páginas web visitadas conjuntamente, pasando por la observación de las características de individuos que tienen enfermedades similares o la detección de fraude en el uso de tarjetas de crédito.

Si suponemos que no es casual el hecho de formar una transacción agrupando unos ítems y no otros, y observamos un conjunto grande de transacciones, no es difícil pensar que encontraremos en ellas conjuntos de ítems que se repiten, conjuntos que llamaremos ítemsets frecuentes o patrones. Por ejemplo, en la cesta de la compra estos patrones nos pueden sugerir que "el cliente que compra el producto *A* suele comprar conjuntamente el producto *B*". En el análisis de navegación en un portal web podemos encontrar la regla que sugiere que "el usuario que visita la página *A* suele acudir en la misma visita a la página *B*" o incluso que "la página *A* debe tratar sobre el mismo tema que la página *B*", pues observamos que los usuarios las visitan conjuntamente con mucha frecuencia.

Es importante destacar que ARM suele trabajar sin conocimiento previo de la población en estudio, dejando que sean los datos quienes muestren esa información. Todos los algoritmos de ARM buscan extraer el máximo conocimiento de una gran cantidad de transacciones en el menor tiempo posible. Al aplicarlos se pueden hacer ajustes para cada estudio concreto, generalmente en base a estudios previos hechos sobre la misma población. Pero al plantearlos se debe procurar que sean aplicables a todas las poblaciones en estudio.

A lo largo de su evolución, ARM se ha ido desarrollando en base a conceptos teóricos y a su aplicación en ciertos repositorios. Muchos desarrollos han resultado poco competitivos al ser aplicados en repositorios concretos, lo que genera una constante duda sobre si existe un algoritmo mejor que otro o si todo depende de los datos sobre los que son aplicados. Es el caso de *chess* y *mushroom*: pese a tener dimensiones reducidas no se suelen utilizar con soporte mínimo bajo, pues su análisis mediante ARM produce una explosión de reglas que o bien no pueden ser guardadas en memoria o bien tardan tanto tiempo en obtenerse que se pierde su utilidad en servicios que deben ser ágiles, como los Sistemas de Recomendación.

En ninguno de esos trabajos se ha tenido en cuenta que realmente estamos analizando dos tipos bien diferenciados de transacciones:

- la clásica "cesta de la compra" de la que surge el ARM
- y las transacciones que llamaremos en este artículo "de tipo II".

Para entenderlo mejor nos referiremos a la colección de datos *mushroom*. En su diseño se consideraron 22 atributos diferentes (color, textura...) de un total de 8124 setas diferentes, clasificadas cada una de ellas como "venenosa" o "comestible". Para dar a estos datos forma de transacción y poder estudiarlos mediante ARM se asigna un código único a cada uno de los pares atributo-valor. Así, los códigos 1 y 2 se corresponden a la clasificación realizada. Los códigos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 indican el color. Cada seta es observada y se anota mediante una transacción su clasificación, su color, etc. de modo que todas las transacciones están

compuestas por 23 ítems (su clase más el valor de los 22 atributos).

Una característica de este tipo de transacciones que la diferencia de la cesta de la compra es la dependencia estructural entre los ítems de la población en estudio. Si una transacción tradicional contiene un ítem determinado no podemos asegurar que no contenga cualquier otro ítem de la población. Sin embargo si una transacción formada por códigos atributo-valor contiene el código de un atributo-valor concreto sabemos con seguridad que no contendrá otro código perteneciente al mismo atributo. En el caso de *mushroom*, si una transacción contiene el código 1 (*venenosa*) no puede contener por definición el código 2 (*comestible*).

Otra característica de este tipo de transacciones es la gran densidad de su matriz de correlación. En la práctica nos encontramos con que la dificultad de trabajar con transacciones de este tipo se debe a la gran cantidad de relaciones existentes en muchas colecciones de datos utilizadas. Cada atributo-valor está relacionado con casi todos los valores del resto de atributos, hecho que no ocurre en la clásica cesta de la compra. Es esto lo que provoca la falta de recursos y el exceso de tiempo empleado cuando intentamos analizar a fondo estas colecciones de datos con los algoritmos clásicos de ARM, si una transacción de este tipo no tuviera una matriz de correlación densa y tuviera un número reducido de ítems su análisis no presentaría ningún problema.

En [12] convierten las sesiones de navegación de los usuarios de un portal de comercio electrónico en transacciones del tipo II y utilizan las reglas de asociación obtenidas para sugerir mejoras en el diseño del portal. Los atributos estudiados en este análisis recogen información generada por los usuarios del portal: navegador, tipo de visitante, palabras clave usadas, fuente, etc. Todos los atributos se han dividido en un pequeño conjunto de valores representativos y para formar las transacciones han anotado el valor concreto de cada atributo en una visita al portal.

Otros portales de comercio electrónico pueden modelar sus datos mediante transacciones del tipo II, de modo que se beneficien de las ventajas propuestas en este trabajo. Por ejemplo en un portal de venta de muebles se podría utilizar en el diseño de una habitación. Si el usuario selecciona un modelo determinado de cama se podría analizar qué otros muebles combinan el resto de usuarios con ese modelo de cama para mejorar las recomendaciones del portal al usuario. Si el análisis se hace usando algoritmos suficientemente rápidos se podrían hacer las recomendaciones en tiempo real, conforme el usuario va haciendo sus selecciones.

3. ANALISIS EFICIENTE DE TRANSACCIONES DEL TIPO II

Las transacciones de tipo II pueden presentar problemas en su análisis cuando existe relación entre la mayoría de sus ítems. Sin embargo, antes de proceder a su análisis podemos asegurar que los distintos ítems que forman un atributo son, por definición, excluyentes. Esta característica no ha sido utilizada en ninguno de los estudios previos sobre ARM que hemos revisado, por lo que proponemos su uso para que no se pierda información contenida en los datos y además nos permitirá abordar problemas que con las otras propuestas no se pueden resolver por falta de recursos de memoria o bien por tardar mucho más tiempo del aceptado por un usuario medio ante un Sistema de Recomendación.

La relación existente entre los códigos asignados a los distintos valores de un atributo es una relación establecida antes de la toma de los datos, por lo que no depende de los datos obtenidos. Todas

las transacciones de tipo II tienen la misma longitud, el número de atributos utilizado (y de clases en su caso). Y en todas ellas se da la característica de que si contienen un valor determinado de un atributo no pueden contener ninguno del resto de valores asignados a ese atributo en el experimento.

Para tratar convenientemente estas transacciones sólo hay que prescindir de uno de los ítems utilizados para modelar los distintos valores de cada atributo. Si sumamos el soporte de cada uno de los valores de un atributo siempre obtendremos el mismo número, el número de transacciones en estudio (N). Si un atributo sólo tuviera dos valores y el primero se presentara en x transacciones el segundo estará en las $N-x$ restantes.

Una vez eliminados estos valores del repositorio en estudio podemos aplicar cualquiera de los algoritmos planteados para ARM, tanto los algoritmos tipo Apriori con soporte mínimo unitario como los que usan múltiples soportes mínimos descritos en la primera sección de este trabajo.

Al eliminar todos los ítems propuestos del repositorio de transacciones de tipo II no estamos eliminando ninguna información que no podamos reconstruir una vez analizado el análisis, simplemente reducimos sus dimensiones provocando un análisis más rápido y en muchas ocasiones más profundo.

Supongamos que tenemos una población con tres atributos en estudio cuyos valores codificamos con $\{1,2\}$ para el primer atributo, $\{3,4,5\}$ para el segundo y $\{6,7\}$ para el tercero. Suponiendo que tenemos un repositorio de transacciones (D) presentando máxima variabilidad, en el algoritmo Apriori clásico [2] se generará el árbol L mostrado en la figura 1 para recoger todas las co-ocurrencias encontradas en el repositorio:

1 (n_1)	-	2 (n_{12})	-	6 (n_{136})
	-	3 (n_{13})	-	7 (n_{137})
	-	4 (n_{14})	-	6 (n_{146})
	-	5 (n_{15})	-	7 (n_{147})
	-	6 (n_{156})	-	7 (n_{157})
	-	7 (n_{16})	-	
	-	7 (n_{17})	-	
2 (n_2)	-	3 (n_{23})	-	6 (n_{236})
	-	4 (n_{24})	-	7 (n_{237})
	-	5 (n_{25})	-	6 (n_{246})
	-	6 (n_{256})	-	7 (n_{247})
	-	7 (n_{257})	-	6 (n_{256})
	-	7 (n_{26})	-	7 (n_{257})
	-	7 (n_{27})	-	
3 (n_3)	-	4 (n_{34})	-	
	-	5 (n_{35})	-	
	-	6 (n_{36})	-	
	-	7 (n_{37})	-	
4 (n_4)	-	5 (n_{45})	-	
	-	6 (n_{46})	-	
	-	7 (n_{47})	-	
5 (n_5)	-	6 (n_{56})	-	
	-	7 (n_{57})	-	
6 (n_6)	-	7 (n_{67})	-	
7 (n_7)	-		-	

Fig. 1. Árbol L

Aunque trabajemos con millones de transacciones en D el árbol L de la figura 1 guarda toda la información necesaria para obtener todas las reglas de asociación de D .

Si tenemos en cuenta lo planteado en nuestra propuesta y eliminamos del repositorio los ítems 1, 3 y 6, el árbol L se reducirá al mostrado en la figura 2.

2 (n_2)	-	4 (n_{24})	-	7 (n_{247})
	-	5 (n_{25})	-	7 (n_{257})
	-	7 (n_{27})	-	
4 (n_4)	-	7 (n_{47})	-	
5 (n_5)	-	7 (n_{57})	-	
7 (n_7)	-		-	

Fig. 2. Árbol L reducido.

Pasamos así de tener 40 nodos a sólo 11 lo que permite obtener, en mucho menos tiempo y utilizando mucho menos espacio de memoria, todas las relaciones existentes entre cualquier par de ítems del repositorio reducido.

Para obtener información sobre los ítems que no están presentes en el árbol L obtenido basta con recurrir al diseño utilizado en la codificación de los valores de cada atributo en estudio:

- El soporte del ítem 1 se obtiene restando a N el soporte del ítem 2. $n_1 = N - n_2$
- $n_3 = N - n_4 - n_5$
- $n_{23} = n_2 - n_{24} - n_{25}$
- $n_{13} = n_3 - n_{23}$
- ...

El soporte de cualquier nodo del árbol L completo se obtiene mediante un par de búsquedas dirigidas en el árbol reducido y una diferencia, por lo que apenas consume recursos de tiempo o memoria.

3.1 Refinamiento

Si queremos reducir aún más el tiempo empleado en el análisis podemos forzar a que la reducción de ítems en D sea máxima sin que cambien los resultados obtenidos. En el ejemplo anterior hemos eliminado al azar los ítems 1, 3 y 6. Si aprovechamos la primera lectura de D para comprobar qué ítem es más frecuente en cada atributo podemos seleccionar ese ítem para eliminarlo del estudio, con lo que conseguiremos reducir más el tamaño de D sin perder ninguna información útil.

Esta reducción de D implicará que en cada transacción habrá menos ítems que estudiar y, por tanto, muchos menos itemsets que recorrer para contar su soporte y menos búsquedas en el árbol L para actualizarlo. Estos son los procesos que más tiempo consumen en los algoritmos de ARM por lo que, sin perder información, ganaremos en tiempo de respuesta al realizar el análisis.

Esta reducción puede también provocar un tamaño menor del árbol L , ya que los ítems eliminados son los más frecuentes y, por tanto, los que más relaciones suelen presentar con otros ítems del estudio llevado a cabo.

3.2 Ítems no relacionados

A menudo, en el análisis clásico de obtención de reglas de asociación nos vemos forzados a utilizar un soporte mínimo superior al 0% para poder completarlo. Esto tiene como consecuencia que si no encontramos ninguna relación entre dos ítems concretos puede deberse a dos explicaciones distintas:

- el número de veces que aparecen relacionados en D es menor al soporte mínimo fijado
- realmente no aparecen relacionados en ninguna transacción de D .

El método que proponemos permitirá reducir el soporte mínimo del estudio hasta el 0% en muchos casos, lo que producirá un nuevo conocimiento que no podíamos adquirir antes: si no encontramos ninguna relación entre dos ítems es porque realmente no existe dicha relación en el repositorio. En algunos estudios esta relación es importante.

4. EXPERIMENTACIÓN

Hemos utilizado en experimentos anteriores transacciones de este tipo, concretamente *chess* y *mushroom*, disponibles en el UCI Machine Learning Repository FIMI¹, pero siempre hemos tenido que renunciar al análisis completo de los datos debido a la alta co-ocurrencia de sus ítems y la gran cantidad de itemsets largos que producen. En otros trabajos consultados que utilizan estos datos también han renunciado al análisis completo del repositorio utilizando soporte mínimo superior al 0%.

En la tabla 1 pueden observarse las características de nuestros experimentos. Al ejecutar Apriori clásico [2] partimos de soporte mínimo 0. Es valor se fue incrementando, hasta conseguir que se ejecutara el algoritmo por completo, sin que se desbordara la memoria. A continuación utilizamos nuestra propuesta eliminando en el caso (1) un valor para cada atributo seleccionado aleatoriamente, y en el caso (2) eliminando el valor más presente en *D* para cada atributo. En ambos casos pudimos trabajar con un soporte mínimo del 0% con lo que se obtuvo información sobre el 100% de los ítems en estudio.

	Apriori clásico		Tipo II (1)	Tipo II (2)	
	Soporte mínimo	Ítems raros	Tiempo (sg)		
<i>chess</i>	30%	33.3%	7660	192	117
<i>mushroom</i>	1%	23%	2130	183	140

Tabla 1. Comparativa entre el algoritmo clásico y nuestra propuesta

Lo importante en ambos casos es que hemos podido realizar un análisis completo sin renunciar a la información que poseen los datos sobre todos los ítems en estudio y en tiempos razonables.

Además de encontrar todas las relaciones en que intervienen ítems poco frecuentes podemos detectar qué ítems no están relacionados, algo que con los algoritmos clásicos no era posible debido al uso de soporte mínimo no nulo.

5. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

Los experimentos realizados con las transacciones que hemos definido tipo II nos muestran que podemos obtener un gran aumento de eficiencia de los algoritmos de ARM cuando analizamos este tipo de transacciones. El método propuesto implica una reducción de una gran cantidad de los datos que queremos procesar sin ninguna pérdida de la información que contienen, permitiendo aplicar a los nuevos datos cualquiera de los algoritmos de ARM existentes. Incluso en muchos experimentos podemos descubrir lo que algunos autores llaman reglas negativas de asociación, es decir, la ausencia de relación entre ciertos ítems del repositorio en estudio, sin necesidad de modificar los criterios de búsqueda de los algoritmos.

Como trabajo futuro vamos a aplicar esta nueva metodología a portales web pequeños para encontrar las reglas de asociación que verifican sus usuarios en tiempos muy pequeños, al objeto de intentar generar en tiempo casi-real información relevante que nos permitirá afinar un Sistema de Recomendaciones Web..

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Economía y Competitividad / FEDER bajo el proyecto TIN2010-20845-C03-01.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agrawal, R., Imielinsky, T., and Swami, A. Mining Association Rules between sets of items in large databases. *ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of data.* (1993), 207-216.
- [2] Agrawal, R., Srikant, R. *Fast algorithms for mining association rules.* Proc. of the 20th Very Large Data Bases Conference. VLDB, Morgan Kaufmann Publishers Inc., (1994) 487-499.
- [3] Park, J., Chen, M. and Yu, P. *Using a Hash-Based Method with Transaction Trimming for Mining Association Rules.* IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 9-5 (sept 1997). 813-825.
- [4] Liu, B., Hsu, W., Ma, Y. *Mining association rules with multiple minimum supports.* In: KDD '99: Proceedings of the 5th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge discovery and data mining. (1999). 337-341.
- [5] Yun, H., Ha, D., Hwang, B., Ryu, K. H. *Mining association rules on significant rare data using relative support.* J. Syst. Softw. 67-3 (2003), 181-191.
- [6] Hu, Y.-H., Chen, Y.-L. Mining association rules with multiple minimum supports: a new mining algorithm and a support tuning mechanism. *Decision Support Systems* 42-1 (2006), 1-24.
- [7] Tseng, M.-C., Lin, W.-Y. Efficient mining of generalized association rules with non-uniform minimum support. *Data & Knowledge Engineering* 62-1 (2007), 41-64.
- [8] Kiran, R. U., Reddy, P. K. *An improved multiple minimum support based approach to mine rare association rules.* Tech. rep., IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (jan. 2009).
- [9] Dong, J. and Han, M. *BitTableFI: An efficient mining frequent itemsets algorithm.* Knowledge-Based Systems 20-4 (may 2007). 329-335.
- [10] Luo, K. and Zhang, XM. *An Efficient Frequent Itemset Mining Algorithm.* Int. Conf. on Machine Learning and Cybernetics vol. 2 (aug. 2007). 756-761.
- [11] Borgelt, C. *Efficient Implementations of Apriori and Eclat.* Workshop of Frequent Item Set Mining Implementations (2003)
- [12] Carmona, C.J., Ramírez-Gallego, S., Torres, F., Bernal, E., del Jesús, M.J. y García, S. *Web usage mining to improve the design of an e-commerce website: OrOliveSur.com.* Expert Systems with Applications (april 2012).

¹ <http://fimi.cs.helsinki.fi/>

HCl y Salud

HABITAT: Una herramienta para el soporte de actividades interactivas útiles en el tratamiento del daño cerebral

Francisco J. Navarro
Grupo de Investigación LoUISE
Universidad de Castilla-La Mancha
Avda. España s/n
02071 Albacete (Spain)
tel. +34 687 480 804
fjnavarro@edu.jccm.es

Elena Navarro
Grupo de Investigación LoUISE
Universidad de Castilla-La Mancha
Avda. España s/n
02071 Albacete (Spain)
tel +34 967 599 200 ext. 2391
enavarro@dsi.uclm.es

Francisco Montero
Grupo de Investigación LoUISE
Universidad de Castilla-La Mancha
Avda. España s/n
02071 Albacete (Spain)
tel +34 967 599 200 ext. 2468
fmontero@dsi.uclm.es

RESUMEN

El Daño Cerebral Sobvenido (DCS) se ha convertido en una de las causas de pérdida de calidad de vida que mayor aumento ha tenido. Los afectados que lo padecen encuentran problemas en su recuperación por la falta de recursos. La tecnología juega, en este contexto, un papel muy importante en cuanto a la ayuda que puede prestar en el proceso de rehabilitación, proporcionando herramientas para la creación y realización de actividades interactivas de rehabilitación. HABITAT es un entorno y una herramienta que oferta distintos tipos de actividades, proporcionando una plataforma que da soporte a la rehabilitación de afectados de DCS, a la vez que permite la gestión y el seguimiento de los afectados por parte de los especialistas. El proceso de desarrollo de la herramienta software se ha llevado a cabo a través de la elicitación de requisitos en la que han participado los propios especialistas, permitiendo identificar los requisitos (funcionales y no funcionales) para conseguir una herramienta efectiva para los afectados y satisfactoria para los propios especialistas. Además de aspectos relacionados con el desarrollo de HABITAT, en este trabajo describimos un estudio de la usabilidad de la herramienta a través de un grupo de afectados de DCS y especialistas realizado en sesiones de rehabilitación antes de su implantación final.

Categorías y Descriptores

J.3 [Computer Applications]: Life and Medical Sciences - Health

Términos Generales

Design, Human Factors, Measurement, Experimentation.

Palabras clave

Interacción para personas con discapacidad, evaluación de sistemas interactivos, Daño Cerebral Sobvenido, actividades interactivas, re-aprendizaje, rehabilitación.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, son cada día más comunes las personas con discapacidad ocasionada por Daño Cerebral Sobvenido (DCS). Esta situación, en muchas ocasiones, es el resultado de una lesión súbita, en la mayoría de los casos producida en las estructuras cerebrales, que da lugar a diferentes problemas de muy diversa índole, ya que el cerebro controla todas las funciones vitales desde las más básicas (respiración, presión arterial, frecuencia cardíaca), hasta las más sofisticadas (creación artística, abstracción, emociones). No obstante, no se dispone de un mapa funcional del cerebro que esté consensuado y cerrado [1]. Las secuelas que provoca el DCS para las personas que lo sufren son traumáticas y diversas en tanto que dependen de varios factores, como por ejemplo la zona del cerebro que resulta dañada o la gravedad de la lesión ocasionada. Las alteraciones en el comportamiento de la persona que ha sufrido una lesión cerebral varían en función de dichos factores ya que el cerebro está organizado de forma que cada zona tiene una función específica, la cual se ve disminuida en funcionalidad o anulada por completo dependiendo de la gravedad del daño sufrido.

Por ejemplo, se calcula que en torno a 3300 personas al año sufren algún tipo de lesión cerebral en la Comunidad de Castilla La Mancha [2]. En gran número de casos, estas lesiones son producidas por traumatismos craneoencefálicos (TCE), ocasionados por accidentes de tráfico, peleas, caídas o accidentes derivados del trabajo, afectando más unas causas a personas jóvenes (accidentes de tráfico, peleas...) y otras a personas mayores, como los accidentes por caídas. Esta cifra se incrementa cada año, por lo que es necesario tomar conciencia de una situación cada vez más extendida.

La vida de un afectado con DCS se ve repleta de obstáculos e impedimentos. Estos obstáculos se ven incrementados por una falta de consideración o desentendimiento por parte de las instituciones públicas sanitarias y, por otro, por carecer enfermos y familiares de una red de recursos de información. Todo ello conlleva que el paciente y los familiares sufran una disminución en su calidad de vida respecto a la que en realidad podrían tener independientemente de sus limitaciones.

Otro colectivo de afectados por el DCS, aunque esta vez indirectamente, son los familiares y las personas al cuidado de las personas afectadas con DCS. La gran implicación y esfuerzo de los familiares con los afectados deriva en muchas ocasiones en su aislamiento social, ya que muchos afectados por DCS llegan a necesitar de una persona a su lado las 24 horas del día. Gracias a la *LEY 39/2006, de 14 de diciembre, de Promoción de la Autonomía Personal y Atención a las personas en situación de dependencia* aprobada por el gobierno, se sentaron las bases y los

mecanismos para la prestación de ayudas al entorno de los afectados por DCS, permitiendo la contratación de personal especializado en cuidados a personas con discapacidad.

La situación actual de la rehabilitación de personas con DCS impide que personas con posibilidad de progresar en su calidad de vida puedan hacerlo. La mayoría de herramientas software existentes hoy en día no ofrecen la flexibilidad necesaria para que los especialistas en DCS establezcan un plan de rehabilitación personalizado. Por tanto, se hace imprescindible una herramienta software que cubra estas necesidades y que motive a los afectados. Además, el hecho de utilizar las TIC en el proceso de rehabilitación produce un efecto motivador por el alto interés que éstas suscitan, sobre todo en las personas jóvenes.

Este trabajo considera el mencionado objetivo y para ello aporta también actividades relacionadas con la caracterización de la problemática asociada a los afectados por DCS y la identificación de las actividades o patrones de actividad utilizados en el proceso de rehabilitación de éstos. Según los propios especialistas, un correcto diseño de la aplicación que va a dar apoyo en la rehabilitación es esencial, de manera que se adapte, si no completamente, si en gran parte a las necesidades y problemática tanto de especialistas como de afectados. Además, ni este trabajo ni las actividades relacionadas con su desarrollo ni con su evolución hubieran sido posibles sin no hubiéramos contado con la colaboración de otras entidades como ADACE CLM¹ y sus especialistas. Además, es importante resaltar que este trabajo se ha venido desarrollando desde el año 2008 con los primeros trabajos [3], hasta la actualidad en que se ha desarrollado HABITAT en su versión 2.0 [4].

Este artículo se estructura como se muestra a continuación. La sección 2 identifica y describe varias herramientas relacionadas con la rehabilitación de afectados con Daño Cerebral Sobvenido. La descripción de dichas herramientas se centra también en identificar qué áreas son capaces de rehabilitar, así como qué parte de la herramienta manipula directamente el especialista. A continuación, en la sección 3 se describe la aportación que hace la herramienta HABITAT. En la sección 4 se documenta un estudio de la herramienta centrado en la usabilidad. Para finalizar, la última sección recopila las principales conclusiones alcanzadas e identifica distintos trabajos futuros asociados con HABITAT.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

El uso de las nuevas tecnologías en la rehabilitación cognitiva es capaz de mejorar el desarrollo de ciertas funciones de comportamiento que, o bien habían desaparecido o bien estaban bastante deterioradas. Los especialistas en rehabilitación de personas con discapacidad confían cada vez más en el apoyo que les brinda las nuevas tecnologías y las posibilidades interactivas que éstas ofrecen.

La consideración de las nuevas tecnologías facilita, por ejemplo, la necesaria diversidad en cuanto a actividades que pueden realizarse y los recursos que pueden utilizarse durante el proceso de rehabilitación. Otra de las razones la encontramos al trabajar con afectados de edades más tempranas o en su juventud, que aceptan de buen grado el uso de estas herramientas.

Sin embargo, a pesar de las bondades que presenta la aplicación de las nuevas tecnologías en la rehabilitación cognitiva es todavía

muy reducido el número de herramientas software dedicadas a ello, siendo la mayoría de éstas derivadas de proyectos de investigación por parte de instituciones universitarias. Seguidamente identificamos y describimos algunas de estas herramientas.

PREVIRNEC [7] es una herramienta software orientada a la tele-rehabilitación, y que ofrece a los afectados funcionalidad para la realización de las actividades de rehabilitación (ver Figura 1) y a los especialistas utilidades para la gestión y seguimiento del proceso. Esta herramienta ha sido desarrollada por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) en colaboración con el Instituto Guttmann, el Hospital de tratamiento y rehabilitación de personas afectadas con DCS y el Instituto universitario dependiente de esta misma universidad. Esta herramienta se utiliza con afectados en las distintas instituciones que colaboran en su desarrollo y en el Centro Estatal de Atención al Daño Cerebral del IMSERSO, por lo que se ha consolidado como herramienta efectiva de rehabilitación cognitiva. En ella se utiliza realidad virtual, construyendo escenarios 2D y 3D en los que el afectado aprende actividades cotidianas. Las características de esta herramienta ofrecen al terapeuta la posibilidad de elaborar planes y tratamientos personalizados, instaurar programas de rehabilitación intensiva, de forma automática y durante el periodo de tiempo necesario, monitorizar los resultados y adecuar el nivel de dificultad de cada tarea en función del rendimiento obtenido.

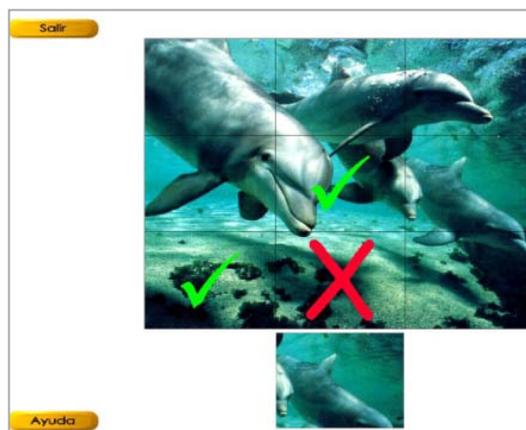


Figura 1: PREVIRNEC - Realización de actividad puzzle

El abanico de actividades que pueden realizar los afectados con esta herramienta es bastante amplio y variado, algo razonable si se tiene en cuenta que el proyecto PREVIRNEC cuenta ya con 9 años de andadura y sólo presenta algunas limitaciones en el nivel al que se pueden tratar algunos déficits. El acceso a PREVIRNEC puede realizarse desde Internet o hasta con la televisión a través de la TDT. La interacción en las actividades de rehabilitación se puede realizar mediante cualquier dispositivo señalador.

La empresa riojana NeuronUp también ha desarrollado una herramienta software basada en la nube [8]. Esta herramienta tiene el mismo nombre que la empresa y permite la tele-rehabilitación. Esta herramienta dispone de una amplia variedad de actividades (más de 6000), simuladores de tareas del mundo real (ver Figura 2) y gestores de contenidos para el tratamiento de personas afectadas por Daño Cerebral Sobvenido o por el envejecimiento positivo (déficits cognitivos provocados por el envejecimiento normal).

Las facilidades interactivas que presenta NeuronUP permiten al afectado interactuar a través de un ordenador, de una pantalla

¹ Asociación de Daño Cerebral Sobvenido de Castilla-La Mancha, <http://www.adaceclm.org>

táctil o incluso con lápiz y papel. Ofrece la posibilidad de ejecutarla en diversos dispositivos portables como PDA's o Smartphones mediante aplicaciones en diversos sistemas operativos, permitiendo una amplia flexibilidad a los especialistas.

Las áreas que es capaz de tratar en los afectados comprenden las funciones cognitivas básicas (atención, percepción, memoria, lenguaje, praxias y funciones ejecutivas), habilidades y competencias sociales y la regulación emocional. Al igual que la anterior, dispone de un servicio de gestión de afectados por parte de los especialistas. Actualmente se encuentra en periodo de pruebas, pero todo apunta a que se convertirá en una herramienta a tener en cuenta en la rehabilitación cognitiva ya que pretenden expandirse en varios países, aunque el principal problema es su coste.



Figura 2: NeuronUp – Presentación

RehaCom [9] es otra herramienta de rehabilitación con una experiencia de 25 años. Fue desarrollada en Alemania por informáticos y neuropsicólogos, y ha llegado a ser una de las herramientas más utilizadas en toda Europa en la rehabilitación de afectados por Daño Cerebral Sobvenido, para lo cual dispone de actividades pre-configuradas que servirán como ejercicios de rehabilitación, estimulando funciones cognitivas como la atención, la concentración, el razonamiento lógico, la planificación y la solución de problemas, la memoria, el comportamiento reactivo, las capacidades visiomotoras y visioconstructivas y la percepción visual.



Figura 3: RehaCom - Gestión de actividades por el especialista

La interacción se lleva a cabo a través de una consola o panel especial (ver Figura 4), compuesto por botones y un pequeño joystick. Además, puede utilizarse también para su uso un teclado, un ratón o una pantalla multitáctil.

RehaCom ofrece módulos independientes ligados a las actividades de rehabilitación que cubre. Estos módulos pueden ser adquiridos por separado. También dispone de una zona de control y seguimiento (ver Figura 3) habilitada para los especialistas, con la que controlan y gestionan las actividades y el proceso de rehabilitación de cada afectado. Es también accesible desde web, lo que permite la tele-rehabilitación.

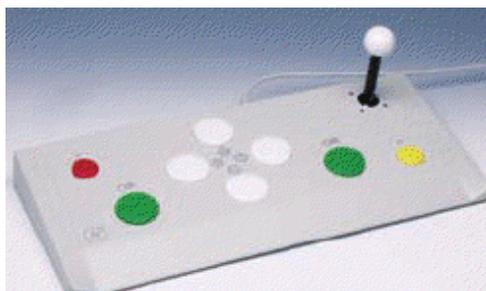


Figura 4: Panel de interacción para RehaCom

De forma similar a las anteriores, esta herramienta permite a los especialistas gestionar los datos de los afectados, administrar los programas de aprendizaje personalizados de éstos y visualizar los resultados obtenidos por los afectados mediante gráficas que muestran el nivel de dificultad alcanzado en cada sesión.

La herramienta Índigo [10] es el resultado de la investigación llevada a cabo para un Máster de la Universidad de Victoria, en Canadá. Esta herramienta se basa en la simulación de un tablero (ver Figura 5), elemento habitual de los juegos de mesa, diseñado con la colaboración de especialistas, donde se presentan los 10 juegos o actividades de los que dispone. El número de actividades resulta escaso comparado con las herramientas previas, de los cuales *“algunos de ellos se utilizan para realizar terapia y otros para evaluar las mejoras de las capacidades cognitivas de los afectados”* [11].

El hecho de presentar la herramienta utilizando el aspecto de un juego reduce la ansiedad que provocan las herramientas software de rehabilitación a los afectados. La interfaz resulta de este modo sencilla, a pantalla completa, sin ventanas que puedan llegar a ocultar información y complicar el manejo por parte de los afectados. En ella no se utilizan barra de menús, que suele exigir que el usuario recuerde dónde se encuentra una opción de la aplicación. Así, esta herramienta oculta aquellos controles que en un momento dado no se pueden utilizar para no confundir al usuario. Se utiliza como dispositivo señalador el ratón, permitiendo la utilización del teclado a aquellos afectados con deficiencias motoras que no pueden utilizarlo. La utilización uno u otro permite controlar completamente la herramienta. Ofrece además feedback y ayuda a través de sonidos o mensajes hablados, incluso al mismo tiempo que los mostrados por pantalla, para reforzar al afectado en la realización de la actividad. Permite rehabilitar áreas cognitivas como la memoria, la atención y la concentración, las funciones ejecutivas y el razonamiento, la percepción y las habilidades del lenguaje.

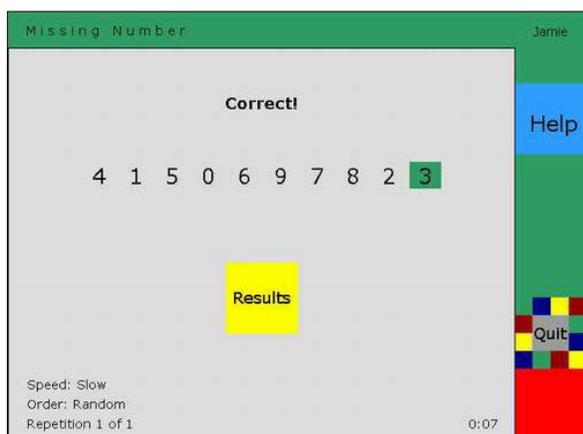


Figura 5: Índigo - Actividad de búsqueda del número que falta

Índigo también consta de una parte dedicada a los especialistas o terapeutas a través de la cual realizan el control y el seguimiento de los afectados, aunque éste es bastante simple, consistiendo únicamente en la obtención de los resultados por cada ejecución de los ejercicios y el almacenamiento en archivos con formato que pueden ser abiertos mediante Microsoft Excel. No dispone de asignación personalizada de tareas, utilidad que se echa de menos en este tipo de herramientas para aumentar la efectividad del proceso de rehabilitación. Por ello, recae sobre el especialista la tarea configurar la actividad mediante opciones de almacenado y visualización de puntuaciones, repeticiones para su posterior realización por el afectado. A diferencia de las anteriores, no ofrece posibilidades para la tele-rehabilitación.

Smartbrain [12] cuenta con una andadura de 15 años. Fue desarrollada por la empresa Educamigos S.L., dedicada al desarrollo de aplicaciones multimedia e interactivas para la adquisición y práctica de las capacidades cognitivas y de habilidades en niños. Para su desarrollo contó con el asesoramiento científico de la Fundación ACE (Instituto Catalán de Neurociencias Aplicadas), dedicada al tratamiento del Alzheimer, por lo que está focalizada principalmente en la rehabilitación de dicha enfermedad, aunque también se utiliza para tratar afectados de DCS.



Figura 6: SmartBrain - Actividad de reconocimiento

Smartbrain está diseñada para desarrollar y potenciar la memoria, la atención, el lenguaje, la capacidad de cálculo, el reconocimiento, la orientación y el desarrollo de las funciones ejecutivas. Smartbrain es una suite con dos componentes: una parte de juegos (Smartbrain Games) para todas las edades y personas sanas que notan una reducción del rendimiento cognitivo, facilitándoles un entrenamiento mental. Por otra parte la versión Smartbrain Pro, dedicada al uso terapéutico, permite la realización del proceso de rehabilitación cognitiva, probada científicamente y reconocida internacionalmente.

Al igual que las herramientas anteriores, Smartbrain Pro ofrece una funcionalidad para el seguimiento y control, por parte de los especialistas y/o cuidadores, que permite configurar las características que tendrá la sesión de rehabilitación personalizada del afectado, como pueden ser el grado de dificultad, el número de ejercicios para cada actividad, el idioma, el tiempo de trabajo, etc. Además, ofrece funcionalidad para la realización de actividades (ver Figura 6) por parte del afectado el cual ha de interactuar con la aplicación utilizando cualquier dispositivo señalador (ratón, pantalla multitáctil,...) siguiendo las instrucciones habladas que le proporciona la aplicación. La aplicación se puede ejecutar en un ordenador, un televisor, un dispositivo móvil e incluso en una consola con acceso a Internet

La herramienta “Comprender y Transformar-L” [13], desarrollada por la Universidad de Sevilla para la rehabilitación cognitiva severa, se estructura de la misma forma que las anteriores herramientas. Para ello ofrece facilidades tanto para los afectados facilitándoles la realización de las actividades de rehabilitación, como para los especialistas (ver Figura 7) de manera que puedan llevar a cabo actividades de gestión. Así los especialistas pueden gestionar la información personal de los afectados, realizar un seguimiento de su evolución y emitir informes sobre la misma, así como configurar y personalizar las actividades de rehabilitación a fin de cubrir las mismas áreas cognitivas que las anteriores herramientas. La interacción se lleva a cabo mediante una pantalla de visualización y un dispositivo señalador, ya sea ratón o pantalla multitáctil.

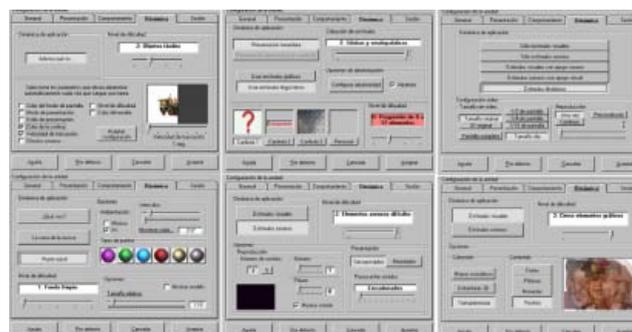


Figura 7: CyT-L - Personalización de actividades

Una tabla resumen de las características más significativas de cada aplicación vista anteriormente puede verse en la Tabla 1.

Existen otras herramientas software, también aplicadas en diversas actividades de rehabilitación, pero no están diseñadas específicamente para su uso en este tipo de tareas o afectados. Por ejemplo, Clic2000 [12] o Grador [13], el primero orientado al ámbito educativo y el segundo al tratamiento del Alzheimer.

3. APORTACIÓN DE HABITAT

La aplicación que presenta este trabajo recibe el nombre de HABITAT (Hci techniques for ABI TreAtment, [3]). Aunque su

Tabla 1 Comparativa de herramientas software de rehabilitación cognitiva

	GA	GI	P	CAE	TR	HA	A.M	A.L	A.AT	A.FE	A.HV
HABITAT	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
PREVIRNEC	√	√	√		√	√	√		√	√	
NeuronUp	√		√		√	√	√	√	√	√	√
Rehacom	√	√	√		√	√	√		√	√	√
Índigo	√	√					√	√	√	√	√
SmartBrain	√		√		√	√	√	√	√	√	√
CyT-L	√	√	√				√	√	√	√	√

GA: Gestión de afectados GI: Generación de informes P:Planificación CAE: Comunicación entre afectados y especialistas TR: Tele-rehabilitación HA: Herramientas de autorización AR: Áreas cognitivas que rehabilita – M, memoria – L, lenguaje – AT, atención – FE, función ejecutiva – HV, habilidades visioespaciales

origen y desarrollo está en el ámbito académico, HABITAT ha contado con el apoyo, asesoramiento y supervisión de diferentes instituciones y organizaciones. Se puede afirmar, por ello, que su desarrollo se adecúa perfectamente a las filosofías de desarrollo centradas en el usuario, considerando como tal tanto al afectado de DCS como a los especialistas que se encargan de su seguimiento y rehabilitación. Seguidamente identificaremos qué actividades ofrece HABITAT y, después, se comentarán algunos detalles de implementación, interacción y evaluación. El punto de vista siempre estará dictado por las facilidades interactivas y los aspectos de interacción persona-ordenador que surgen en el proceso de rehabilitación de personas afectadas por DCS.

3.1 Actividades soportadas por HABITAT

La calidad de las actividades en una herramienta de rehabilitación cognitiva determina su efectividad en la recuperación por parte del afectado de las capacidades cercanas o idénticas a las que tenía antes del accidente que provocó su pérdida. Dicha calidad puede ser medida en función de la cantidad de actividades configuradas y listas para ser realizadas, de forma que permita al especialista el ahorro de un tiempo en la creación de diferentes actividades que puede utilizar en el seguimiento de los afectados.

Otro parámetro respecto al que puede ser medida la calidad de las actividades es el número de áreas funcionales que cubren. En este sentido, la experiencia sugiere que es preferible otorgar a este parámetro mayor importancia en el diseño de una herramienta de rehabilitación, de forma que permita a los afectados obtener el mayor beneficio de ella sin que exista la necesidad de recurrir a otra herramienta para la rehabilitación de las áreas que no se cubren.

HABITAT dispone de actividades que cubren la rehabilitación de los diferentes déficits cognitivos o intelectuales asociados al DCS. Estas actividades fueron identificadas mediante entrevistas, revisión de documentos, estudios de campo y sesiones de focus group que involucraron a especialistas de ADACE CLM.

Las actividades de rehabilitación interactivas ofrecidas en HABITAT corresponden a instancias de los 23 patrones de actividad [5] que han sido identificados en colaboración con ADACE CLM para permitir la rehabilitación de déficits relacionados con la memoria, la atención, el lenguaje, el cálculo, el funcionamiento ejecutivo, las habilidades, las gnosias, las praxias y la orientación. Un patrón de actividad engloba diferentes actividades que comparten características comunes, como el tipo de interacción o el momento en el que debe aplicarse, ofreciendo la solución al problema para el que se diseña. En HABITAT se

han implementado estos patrones de actividad de manera que permiten la creación, por parte de los especialistas, de actividades de rehabilitación de una forma guiada. Así, actualmente HABITAT dispone ya de una batería de actividades ya configuradas y adecuadas a cada grado de afección, listas para su uso por parte de especialistas y afectados.



Figura 8: Actividad de Atención Dividida

Un ejemplo de estas actividades ya configuradas es la mostrada en la Figura 8, correspondiente a una actividad de rehabilitación del área “Atención” correspondiente al patrón “Atención Dividida”, la cual consiste en el descubrimiento de zonas de diferencia o errores entre dos imágenes idénticas con pequeñas modificaciones, ya sean fotografías o símbolos.

La potencia de una herramienta software de rehabilitación cognitiva no solo radica en la calidad de las actividades que ofrece, sino también en las facilidades que ofrezca para su asignación y seguimiento. Así, HABITAT ofrece a los especialistas la posibilidad de asignar las actividades de forma personalizada a los afectados, basándose en el progreso que éstos hagan y en el grado de estrés que éstos acumulen. El especialista dispone de estadísticas y gráficos que le permiten asignar los ejercicios a realizar por los afectados, de manera que éstos sean los más adecuados para la persona y para el momento en que se encuentra de su proceso de rehabilitación.

En cuanto a su arquitectura, HABITAT se compone de dos partes bien diferenciadas dedicadas a tipos de usuarios distintos. Una de ellas corresponde a la utilizada por los afectados y sus cuidadores en la realización de las actividades asignadas en su proceso de

rehabilitación y en las comunicaciones que establecen con los especialistas. Esta se ejecuta en un PC como aplicación de escritorio, siendo requisito indispensable tener instalado .Net Compact Framework 4.0 por estar basada en esta plataforma. La otra parte corresponde a la utilizada por los especialistas y/o terapeutas encargados de controlar el proceso de rehabilitación y se ejecuta mediante una navegador web, estando probado su funcionamiento para la versión 6.0 y posteriores de Microsoft Internet Explorer y para la versión 2.0 y posteriores de Mozilla Firefox.

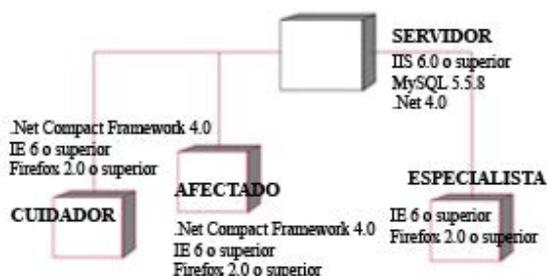


Figura 9: HABITAT - Modelo de despliegue

La Figura 9 corresponde al modelo de despliegue de HABITAT, en la que se muestra la centralización de la herramienta en un servidor sobre el que se ejecuta el servidor web que contiene el sitio web utilizado por los especialistas para la creación, asignación y seguimiento de las actividades. Este servidor está basado en IIS 6.0 [17] y en la plataforma .Net 4.0, utilizando el gestor de bases de datos MySQL 5.5.8. Además, dicho servidor da soporte a la aplicación de escritorio, utilizada por los afectados y sus cuidadores, para llevar a cabo la carga de actividades, el almacenamiento de resultados derivados de la realización de éstas y facilitar la comunicación con los especialistas. La comunicación entre los equipos de los afectados/cuidadores y el servidor central se lleva a cabo mediante una conexión WAN a través de Internet. Esta arquitectura que permite la conexión entre la versión de escritorio y la utilizada por los especialistas proporciona a los afectados la posibilidad de llevar a cabo el proceso de rehabilitación desde sus propios hogares (tele-rehabilitación).

Para el desarrollo de los productos, tanto el utilizado por los afectados y sus cuidadores y el utilizado por los especialistas, se ha utilizado Microsoft Visual Studio, herramienta de desarrollo software por antonomasia de la compañía Microsoft. La aplicación de escritorio se ha basado en el framework WPF (Windows Presentation Foundation) [18], integrada directamente en Microsoft Visual Studio, el cual aporta recursos que permiten el desarrollo de aplicaciones visualmente atractivas con múltiples facilidades de interacción, aunque con la limitación de uso obligatorio del sistema operativo Microsoft Windows. Complementando a esta herramienta se ha hecho uso de Microsoft Expression Blend [19], perteneciente a la suite Microsoft Expression, también de Microsoft e integrable con Microsoft Visual Studio, herramienta de diseño de elementos para interfaces gráficas que permite la mejora visual de lo desarrollado con WPF. Uno de los campos de la informática en el que más se está investigando es el de la creación de interfaces gráficas con un alto grado de usabilidad y la adopción de estos marcos de trabajo y el de desarrollo web .NET framework en el presente trabajo permite disponer de una variedad recursos esenciales para aplicar en la metodología del desarrollo de interfaces de usuario y ajustable a la arquitectura y requisitos del trabajo.

3.2 Interacción en HABITAT

La herramienta software de rehabilitación cognitiva HABITAT está diseñada e implementada para mejorar el proceso de rehabilitación de afectados por DCS, permitiéndoles recuperar en la mayor medida posible la calidad de vida que tenían antes del accidente que provocó la lesión en términos de funciones cognitivas.

La interacción entre HABITAT y los afectados se realiza a través de diversos dispositivos hardware que permitirán tanto la realización de las actividades como la comunicación con los especialistas. La Tabla 1 muestra la posibilidad de utilización de los dispositivos con los que pueden interaccionar los afectados con carencia físico-motora.

Las carencias físico-motoras que refleja la Tabla 2 se detallan en la Tabla 3. En cualquier caso, la utilización de los dispositivos dependerá de la función de rehabilitación que se esté desarrollando, de los recursos del afectado/centro de rehabilitación y de la adecuación a las características del afectado.

Tabla 2: Utilización de dispositivos por carencias

Dispositivo	Permite	No Puede
Pantalla táctil	Actividades, comunicación	Fis5
Tablet	Actividades, comunicación	Fis5
Teclado	Comunicación	Fis5, Fis9
Ratón	Actividades, comunicación	Fis5, Fis9
Webcam	Actividades, comunicación	Fis5
Micrófono	Actividades, comunicación	Fis5, Fis10
Lápiz óptico	Actividades	Fis5, Fis9
Altavoces	Actividades, comunicación	Fis5
Auriculares	Actividades, comunicación	Fis5
Pantalla CRT	Actividades, comunicación	Fis7

Tabla 3: Carencias físico-motoras

Carencia	Detalle
Fis1	Hemiparesia. Parálisis de brazo y pierna
Fis2	Alteraciones del equilibrio
Fis3	Alteraciones o incapacidad para mantenerse de pie
Fis4	Alteraciones o incapacidad para la marcha
Fis5	Limitaciones en el control del tronco y cabeza
Fis6	Temblores y sacudidas (tic)
Fis7	Temblores y sacudidas (epilepsia)
Fis8	Movilidad gruesa (superior)
Fis9	Movilidad fina en miembros sup. del cuerpo
Fis10	Disartria. Trastorno del habla

4. EVALUACIÓN DE HABITAT

El objetivo principal de este trabajo era el desarrollo e implementación de una aplicación software que dé soporte al

tratamiento de personas con DCS. Por lo tanto, todos los esfuerzos se centraron en desarrollar una aplicación software que además de cumplir con los requisitos, estuviera probada y validada por los propios afectados de DCS y por los especialistas, comprobando así el logro de requisitos tanto funcionales como no funcionales.

En este sentido, la primera cuestión relacionada con la evaluación que surgió estuvo relacionada con la identificación del factor o factores de calidad más apropiados para realizar la evaluación. La calidad en uso fue el factor elegido, en función del alcance y definición del mismo y de que se centra en una característica especialmente interesante para nosotros; la calidad de la interacción ISO/IEC 25010:2011 [20] (véase Figura 10).



Figura 10: Calidad en uso según la ISO/IEC 25010:2011

La evaluación atendiendo a criterios relacionados con la calidad en uso [20] nos ha permitido obtener información sobre cómo de intuitivo resulta un producto software a la hora de su utilización por parte de usuarios finales, siendo sensible a diferentes contextos de utilización. En este caso, los usuarios finales se corresponden tanto con los especialistas, que tendrán que gestionar afectados y actividades, y los propios afectados de DCS, que serán los que utilicen la aplicación software en las sesiones de rehabilitación.

La evaluación por parte de los especialistas se ha llevado a cabo mediante sesiones de test de 15 minutos de duración con un grupo de 6 especialistas neuro-psicólogos sin ninguna experiencia en el manejo de aplicaciones software de gestión de la rehabilitación. En dichas sesiones se propuso la realización de distintas actividades, como fueron, la instalación (Tarea 1), la configuración (Tarea 2) y la puesta en marcha (Tarea 3) de HABITAT. Las métricas utilizadas en la evaluación con especialistas fueron las siguientes: tasa de completitud de las tareas sin asistencia (%) (véase la gráfica izquierda de la

Figura 11), tasa de objetivos logrados (%), tiempo invertido (en minutos), número de consultas de la ayuda (véase la gráfica central de la Figura 11) y resultado del cuestionario SUS [21], cuyo valor fue de 73.

Paralelamente, la evaluación también quería contar con la opinión de los afectados. Las evaluaciones con los afectados consistieron en trabajar la rehabilitación en varias sesiones también de 15 minutos de duración, con la supervisión de un especialista. En estas sesiones, los afectados pudieron experimentar con la interfaz de HABITAT. En las sesiones de rehabilitación participaron 8 afectados, de los cuales solo 5 de ellos pudieron practicar con la herramienta HABITAT por la limitación de tiempo impuesta por las características de los afectados, los cuales no pueden participar en sesiones demasiado extensas. Se consideró este número de participantes un número aceptable de usuarios para realizar la evaluación atendiendo a [22]. La participación en las sesiones de evaluación supuso un reto en sí mismo por diferentes motivos. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- En las sesiones de evaluación se contó con la participación de afectados por DCS clasificados dentro del grupo B [6] (personas de leve a nula afección física y moderada a leve afección psicológica). Este grupo de afectados fue el elegido por los especialistas. De ellos, 6 eran afectados de Alzheimer (2 de los cuales participaron en la evaluación de HABITAT) y otros 2 eran afectados por accidente cerebrovascular (sólo 1 de ellos participó en la evaluación).
- Sólo uno de los evaluadores estuvo presente durante las sesiones de evaluación. Dicho evaluador contaba con la confianza de los afectados y su presencia no imponía rechazo ni condicionaba las actividades.
- La actividad del evaluador en las sesiones de evaluación se limitó a presenciar y observar el desarrollo de las mismas.
- A diferencia de los especialistas, la evaluación de HABITAT con los afectados no estuvo dictada por aspectos relacionados con la efectividad sino con la satisfacción y la predilección.
- El acceso a y la disponibilidad de los afectados es limitado y aunque los afectados que realizaron la evaluación estaban clasificados en un mismo grupo, no presentaban todos las mismas características personales.
- La evaluación trató de ser un proceso invisible. Al no tener sentido utilizar cuestionarios de satisfacción por las carencias cognitivas de los participantes el nivel de satisfacción fue estimado por el especialista. Sin embargo, la predilección se evaluó ofreciendo a los afectados la posibilidad de hacer las actividades de rehabilitación utilizando técnicas tradicionales y en HABITAT. En la Figura 11 (gráfica derecha) se representa, en porcentaje, el valor obtenido para la

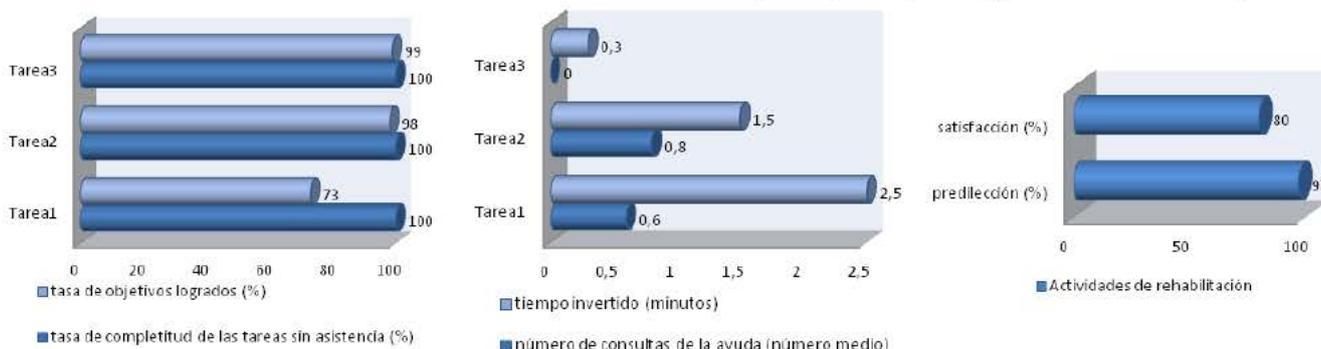


Figura 11: Resultados de la evaluación realizada con especialistas (tasa de completitud de las tareas y número de consultas de la ayuda) y con afectados de DCS (tasa de satisfacción y predilección estimadas)

satisfacción y la predilección de los afectados con DCS.

5. CONCLUSIONES

La filosofía de una aplicación software de rehabilitación cognitiva es otorgar a los afectados un alto grado de libertad, permitiéndoles disponer de una herramienta con la que poder realizar su rehabilitación sin necesidad de desplazarse a un centro especializado, con el inconveniente añadido de tener que solicitar a su cuidador su acompañamiento. HABITAT cumple con esa premisa, además de otorgar a los especialistas una buena herramienta para ayudarles en su actividad, ofreciendo rápidamente la posibilidad de búsquedas filtradas de actividades y recursos. Los patrones de actividad implementados resultan ser muy acertados al rehabilitar áreas y carencias distintas y en número muy elevado. Para ampliar el abanico de actividades realizables no solo se ha tenido en cuenta la variedad en cuanto a las carencias a rehabilitar (patrones). También se han creado un número aceptable de actividades que están listas para asignarse y ser realizadas por afectados.

El proceso de diseño e implementación de las actividades no podría haberse llevado a cabo sin un estudio previo de la problemática y características de las personas que iban a interactuar con ellas, es decir, aquellos que realmente iban a probar su correcto diseño, no solo en términos de funcionamiento, también en términos de usabilidad. En este sentido es importante resaltar que las características particulares de cada uno de los afectados por DCS puede conllevar la no adecuación de un tipo de interfaz o metodología. Por lo tanto, el proceso de toma de conciencia de las características físicas y psicosociales ha ofrecido una información crucial. Esta toma de contacto no podría haber sido llevada a cabo sin la ayuda de la asociación ADACE CLM, la cual ha permitido adquirir un conocimiento esencial de los tipos de DCS y su influencia en el cuerpo humano.

Por último, un elemento esencial a considerar en HABITAT es el uso de las redes sociales y la computación ubicua. Para conseguir un mayor grado de libertad es necesario proporcionar tanto a afectados como a especialistas la posibilidad de acceder en cualquier momento y desde cualquier lugar a la herramienta de rehabilitación, siendo la propia herramienta la que se adapte al usuario en cada momento y no al revés. La tecnología actual permite otorgar dicha flexibilidad con dispositivos como los nuevos smartphones, tablets, etc. En cuanto a las redes sociales, sería acertada la creación de una red de especialistas que utilicen HABITAT, que implemente utilidades que les permitan conversar, programar citas, plantear temas de discusión y compartir actividades creadas por ellos.

6. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer la colaboración de los especialistas de ADACE CLM en Albacete y especialmente a Óscar García Carreño (terapeuta especialista dicho centro). También agradecemos a M^a Ángeles, Luis y Alfonso (afectados por Daño Cerebral Sobrevenido) por ofrecerse a utilizar la herramienta HABITAT. Las actividades de este artículo están financiadas por los proyectos PEII09-0054-9581 y TIN2008-06596-C02-01.

REFERENCIAS

- [1] I. Bori, L. Gangoiti, J. Marín y J. Quemada, «Modelo de atención a las personas con Daño Cerebral,» IMSERSO, Madrid, 2007.
- [2] Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad, «Conjunto Mínimo Básico de Datos – Hospitalización (CMBD-H),» Consulta interactiva del SNS, 10 Abril 2012. [En línea]. Available: <http://pestadistico.msc.es/PEMSC25/Default.aspx>. [Último acceso: 10 Abril 2012].
- [3] E. Navarro, V. López-Jaquero y F. Montero, «HABITAT: A Web Supported Treatment for Acquired Brain Injured,» de *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2008.
- [4] F. J. Navarro, «HABITAT v2.0,» Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, 2011.
- [5] Instituto Guttmann, Universidad Autónoma de Barcelona, «PREVIRNEC,» Barcelona, 2011.
- [6] N. Up, 2012. [En línea]. [Último acceso: Marzo 2012].
- [7] Hasomed, «Hasomed,» Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://www.hasomed.de/en/products/rehacom-cognitive-therapy.html>. [Último acceso: Marzo 2011].
- [8] C. S. C. University of Victoria, «<http://webhome.cs.uvic.ca/~mserra/indigo/index.html>,» 2001. [En línea].
- [9] E. Bonneville, J. Muzio y M. Serra, «Usability Issues in Software to Assist People with Brain Injuries,» *6th ERCIM Workshop "User Interfaces for All"*, 2000.
- [10] S. Educ@migos, «SmartBrain,» 2012. [En línea]. Available: http://www.smartbrain.net/smartbrain/previo_es.html.
- [11] F. J. Moreno Pérez y A. Aguilera Jiménez, «Rehabilitación cognitiva en sujetos discapacitados mediante el empleo de nuevas tecnologías. El programa CyT-L,» 2010.
- [12] Clic2000, 01 Febrero 2011. [En línea].
- [13] Grador, 2008. [En línea]. [Último acceso: 01 Febrero 2011].
- [14] F. Montero, V. López-Jaquero, E. Navarro y E. Sánchez, «Computer-aided relearning activity patterns for people with acquired brain injury,» *Computers and Education*, vol. 57, n° 1, pp. 1149-1159, 2011.
- [15] Microsoft, «IIS,» Microsoft, 2012. [En línea]. Available: <http://www.iis.net/>.
- [16] Microsoft, «Windows Presentation Foundation,» Microsoft, 2012. [En línea]. Available: <http://windowsclient.net>.
- [17] Microsoft, «Microsoft Expression Blend,» Microsoft, 12. [En línea]. Available: http://www.microsoft.com/expression/products/Blend_Overview.aspx.
- [18] ISO/IEC 25010:2011, «Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.iso.org>.
- [19] J. Brooke, SUS: a "quick and dirty" usability scale, Early, 1986.
- [20] J. Nielsen, «Alertbox - How many test users in a usability study,» 04 June 2012. [En línea]. Available: <http://www.useit.com/alertbox/number-of-test-users.html>. [Último acceso: 24 June 2012]

Use of the Wii balance board system in Vestibular Rehabilitation

Sergio Albiol-Pérez
Universidad de Zaragoza Campus de
Teruel
Ciudad Escolar s/n
44003 – Teruel (Spain)
+34 978 61 81 02
salbiol@unizar.es

José-Antonio Gil-Gómez,
Mariano Alcañiz, Roberto
Llorens
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n
46022 – Valencia (Spain)
+34 96 387 70 00
{jgil | malcaniz |
rlllorens}@upv.es

Carolina Colomer
Servicio de NeuroRehabilitación.
Hospital NISA Valencia al Mar y Sevilla
Aljarafe
Fundación NISA Valencia Spain
carol@neurorhb.com

ABSTRACT

Therapies for the treatment of vestibular rehabilitation are focused on postural control, the risk of falls, and the inclusion of patients in activities of daily living (ADL). Recent studies show that virtual reality provides a low-cost system for rehabilitating patients with vestibular disorders. In this paper, we introduce an interdisciplinary project to develop a virtual rehabilitation system, Vestibular Virtual Rehabilitation (V2R), for patients with vestibular disorders. Specifically, we propose an innovative way for interaction between the system and the patients. In the developed system, patients interact with the system following auditory cues, not visual inputs. Due to the features of the disorder of the patients –visual dependency- the proposed system is very promising, as the first results indicate. To obtain this objective, we have generated a low-cost system that is based on the Nintendo® Wii Balance Board® (WBB) and is designed specifically to rehabilitate patients. The results suggest that the use of a virtual rehabilitation system with auditory cues increases the postural control in patients with vestibular disorders.

Categories and Subject Descriptors

H5.1. [Multimedia Information Systems]: Artificial, augmented, and virtual realities.

General Terms

Human Factors, Design, Experimentation, Reliability.

Keywords

Virtual Reality, Vestibular Virtual Rehabilitation, Wii Balance Board, Human Computer Interaction.

1. INTRODUCTION

Balance and postural control are fundamental features for people. People with balance disorders have dizziness, vertigo, and an

important fall risk. All these problems affect their activities of daily living (ADL) and limit their physical activity, social commitments, and even working performance [1][2][3].

Postural control and balance depend on three systems: vestibular, visual, and proprioceptive systems. People with vestibular lesions tend to compensate this dysfunction with the visual canal [4][5]. This compensation doesn't solve their balance problems, and they maintain their symptoms.

Once the vestibular injury is cured, the patient maintains this compensation. Therefore, they need to follow a rehabilitation process to recover the importance of the vestibular canal in their balance system in order to solve their balance disorders.

Traditional vestibular rehabilitation programs are based on standing and predictably moving in force platform exercises or movements such as: walking at variable speeds, ascending stairs, and changes of walking direction. The purpose of these programs are to reduce instability, compensate postural control and reduce the risk of falls [6][7].

In the last few years, the use of Virtual Reality (VR) has been introduced in areas such as motor rehabilitation. It's potential has been tested and validated with patients with balance disorders [8][9]. Specifically, in the rehabilitation of vestibular patients using new technologies, we can find the previous work of Sparto et al. ([10][11]), who use wide FOV virtual reality (through a CAVE) for vestibular rehabilitation.

We consider that the use of force platforms, (in our case, the WBB) together with Virtual Environments [12][13][14][15][16] are useful in the field of Vestibular Rehabilitation. These systems are composed of a number of features to obtain a correct rehabilitation. These features are: use of low-cost devices, high portability, lateral and antero-posterior weight transferences, and motivating Virtual Environments.

In this work, we propose the integration of new technologies in vestibular rehabilitation, specifically, to solve the problem of vestibular compensation. For this purpose, we used a new interaction device: a low-cost force platform (WBB). With this system, we intend to offer a set of advantages over traditional rehabilitation: a high adherence to treatment, the ability to eliminate the visual canal so that the patient will need to use the vestibular canal, a high motivation to realize motor exercises, and a shorter period of rehabilitation.

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' 12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

The purpose of the work presented in this paper is to develop and to clinically test a vestibular virtual rehabilitation system (V2R) for recovering balance disorders in patients with problems in transmitting vestibular information. The system will reduce the symptomatology, the risk of falls and the instability, and it will allow the incorporation of the patient to normal activities as soon as possible.

The article is organized as follows: Section 2 describes a brief introduction of the system structure used to perform the study. Section 3 presents the protocol and a brief discussion. Finally, Section 4 presents our conclusions.

2. METHODS

2.1 V2R Description

The V2R system was designed using low-cost components and without restrictive environments; these hardware devices are: a standard PC, a 47" LCD TV, a WBB and a bluetooth dongle. The patient interacts with the system through weight transferences, which are the basic features in balance recovery programs.

To implement the system, clinical specialists analyzed and designed several important guidelines. The design is composed of two main points: First the system must be valid for a large number of patients which is important due to the large variability of patients that have these disorders, secondly it should be motivating and entertaining.

In accordance with these clinical requirements, the designed system is composed of four main stages (Figure 1): Selection Patient/Game, calibration, Game, Results and Global Results.

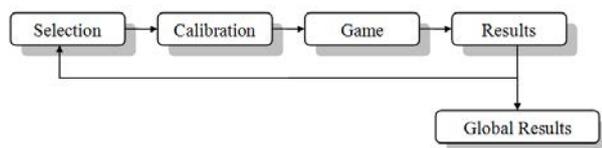


Figure 1. V2R: Timeline of the clinical sessions.

The main clinical conditions are accomplished:

1. It is a valid system for a large number of patients, it has simple environments with a low cognitive level. This is achieved through 2D virtual environments, with simple interactions such as “up-down, forward-back, left-right” and standing and sitting games with calibration and setup, that is to each game. These types of designs allow the patient to perform motor movements with a brief previous description.
2. It is motivating and entertaining with playful background content. To achieve this, the system was designed by a specialist in computer graphics. The tool provides visual and audio feedback so that the patient can interact and play the games. To help the patient make the correct movement, V2R emits a set of auditory cues. These actions reinforce motor activity.

In addition, to obtain correct communication between the tool and the WBB, we selected and tested a bluetooth dongle that is compatible with the WBB [17]. This obtains a correct synchronization with the game session.

Afterwards, we will apply a series of metrics to evaluate the usability in the rehabilitation process. The degree of satisfaction will be evaluated using the System Usability Scale (SUS) [18].



Figure 2. Interaction Patient-V2R.

Since our tool is designed to be used by patients with vestibular disorders, V2R allows the specialist to select the type of interaction before the patients play the game.

This interaction is determined by the level of difficulty and different weight transferences in the WBB (Figure 2). If the level is low, the patient performs sitting balance exercises (at this level, the system is composed of two virtual games); if the level is medium, the patient performs standing balance exercises (at this level, V2R is composed of four virtual games).

One of the most important contributions that V2R provides is to personalize each session in the rehabilitation process (Figure 3). To achieve this, the tool has a specific calibration module that records different weight transferences. At this stage, the patients complete different movements with their feet and their buttocks, according to the games selected in the menu. This module stores the different pressures of the feet. Thanks to this, the movements of virtual objects are generated according to the active session and specific patient movements.



Figure 3. V2R: Calibration Stage.

At the end of the session, the results are shown to the patients and physiotherapists. At this stage, the system shows the weight transferences and the results obtained in the last three sessions (Figure 4). This information is very valuable and useful for both clinicians and patients: the clinicians can see if the rehabilitation process is improved thanks to weight transferences; the patients can see the number of successes and failures. We consider that this module provides good feedback to the patient and the clinical specialists.



Figure 4. V2R: Final results.

2.2 Patients

The experimental design was developed in the neurorrehabilitation service of a large metropolitan hospital by specialist clinicians. We are currently working on the selection of patients.

The inclusion criteria are: age >18 and <80 years, ability to maintain standing balance using the Berg Balance Scale (BBS) [19] with a value greater than 33, capacity to walk 10 meters indoors without aids, ability to understand visual and auditory instructions, aptitude to correctly complete V2R sessions, and patients without experience in virtual motor rehabilitation.

Exclusion criteria are: patients with visual and/or auditory injuries unable to complete virtual sessions and existence of cognitive impairment (Mini Mental State Examination <23) [20].

2.3 Procedure

Each patient will participate in 20 sessions, distributed in 3-5 per week (excluding weekends). The time per session will be 30 minutes plus 30 minutes with traditional rehabilitation.

Before the sessions, the patient will interact with the system and they will perform standing and sitting weight transferences according to their vestibular disorders. They will also sign a consent form to participate in the study.

The sessions are classified in two modalities: sessions with auditory feedback and closed eyes and sessions with visual feedback and open eyes.

The auditory biofeedback option will be performed using a multi-speaker system; the loudspeakers will be positioned on the left, on the right, in front of and behind the patient. Auditory feedback is composed of simple instructions to induce the patient to perform correct movements (up, down, left, right, center, forward, back and position).

The visual biofeedback option will be generated through a series of cues displayed in each game; these cues are the number of hits/errors and a set of visual cues shown in the virtual objects. All

sessions will be performed using WBB and V2R in an isolated environment to avoid distractions and the patient will concentrate on the virtual motor movements.

The virtual motor movements are: 1) Lateral weight transferences; 1.a) Standing on the WBB, with eyes closed; 1.b) Standing on the WBB, with eyes open; 1.c) Sitting on the WBB, with eyes closed; 1.d) Sitting on the WBB, with eyes open. 2) Antero-Posterior weight transferences; 2.a) Standing on the WBB in tandem position (one foot in front of the other), with eyes closed; 2.b) Standing on the WBB in tandem position (one foot in front of the other), with eyes open; 2.c) Sitting on the WBB, with eyes closed; 2.d) Sitting on the WBB, with eyes open. 3) Other weight transferences; 3.a) Standing behind the WBB, with eyes closed; 3.b) Standing behind the WBB, with eyes open.

3. CLINICAL EVALUATION

Once the inclusion and exclusion criteria are proposed, the patients will be evaluated using balance condition in both static and dynamic motor exercises. Static balance condition will be evaluated by means of the BBS and the Anterior Reach Test (ART) [21]. Dynamic balance condition will be evaluated by means of the Time "Up and Go" Test (TUG) [22][23], the Stepping Test (ST) [24], and the 30-second Sit-to Stand Test (30SST) [25].

The information acquired will be analyzed using IBM SPSS Statistics 15 with a level of $p < 0.05$ (95% confidence interval of the difference).

4. USABILITY EVALUATION

To analyze the degree of satisfaction of the patients, we will use the SUS test, which is composed of a ten-item attitude Likert scale.

There are two types of item questions: usability and learning. Five of the questions are positively worded and five of them are negatively worded. They are answered using a five-point Likert scale (from 1 "Strongly disagree" to 5 "Strongly agree").

This test was redesigned to adapt to patients with vestibular disorders, using understandable sentences. New words in the SUS test were applied: the word 'system' was modified and replaced by 'Vestibular Virtual rehabilitation system'; this modification was evaluated by a specialist in usability test and he suggested this change.

Once patients finish the first session, the therapist will explain briefly the objectives of SUS test and they will answer questions and information such as age, gender and date of injury. The average time to answer this test will be about twenty minutes.

5. CONCLUSIONS

Currently, the system is fully developed and functional; we are now in the stage of recruiting patients. We have already observed that there is a high level of acceptance of the V2R by both patients and clinicians.

The specialist clinicians have made an initial assessment of the system using different patients than the ones used in the experimental design to prevent the effects of previous learning.

This initial evaluation shows great potential of the system compared to traditional protocols for vestibular rehabilitation. We

consider that the final results that we will obtain will show that patients with injuries of this type will both speed up and improve their process of rehabilitation. By using these types of systems, motivation of patients will increase against traditional rehabilitation and patients will be more independent in the rehabilitation process. With the help of these new rehabilitation therapies, we will be able to eliminate the risk of falls and to restore their activities of daily living (ADL).

6. REFERENCES

- [1] Whitney S.L. 2000. The elderly person with vestibular disease. In: Herdman SJ, editor. Vestibular rehabilitation. 2nd ed. Philadelphia: FA Davis.
- [2] Whitney S.L, Hudak M.T., Marchetti GF. 1999. The Activities-specific Balance Confidence Scale and the Dizziness Handicap Inventory: a comparison. *J Vestib Res* 1999;9:253-9.
- [3] Jacobson G.P., Calder J.H. 2000. Self-perceived balance disability/handicap in the presence of bilateral peripheral vestibular system impairment. *J Am Acad Audiol* 2000;11:76-83.
- [4] Curthoys I.S. 2000. Vestibular compensation and substitution. *Curr Opin Neurol* 2000;13:27-30.
- [5] Basta D., Singbartl F., Todt I., Clarke A., Ernst A. 2008. Vestibular rehabilitation by auditory feedback in otolith disorders. 2008; *Gait and Posture*, 28 (3), pp. 397-404.
- [6] Nardone A., Godi M., Artuso A., Schieppati M. 2010. Balance rehabilitation by moving platform and exercises in patients with neuropathy or vestibular deficit. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1869-77.
- [7] Marchetti G.F., Whitney S.L., Redfern M.S., Furman J.M., 2011. Factors Associated With Balance Confidence in Older Adults With Health Conditions Affecting the Balance and Vestibular System, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Volume 92, Issue 11, November 2011, Pages 1884-1891, ISSN 0003-9993, 10.1016/j.apmr.2011.06.015.
- [8] Suarez H., Arocena M., Geisinger D., Suarez A., Carrera M. 2008. Analysis of the role of virtual reality technology in the assessment and rehabilitation of instability in the elderly population. In: Vincent ML, Moreau TM, eds. *Accidental Falls: Causes, Preventions and Interventions*. New York: Nova Science Publishers; 2008:1-14.
- [9] Lange, B.S., Koenig, S., Chang, C., McConnell, E., Suma, E., Bolas, M. and Rizzo. A. 2012. Designing Informed Game-Based Rehabilitation Tasks Leveraging Advances in Virtual Reality. *Disability and Rehabilitation*.
- [10] Sparto P.J., Furman J.M., Whitney S.L., Hodges L.F., and Redfern M.S. 2004. Vestibular rehabilitation using a wide field of view virtual environment. The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, San Francisco, CA, September 1-5, 2004.
- [11] Sparto P.J., Whitney S.L., Hodges L.F., Furman J.M., and Redfern M.S. 2004. Simulator sickness when performing gaze shifts within a wide field of view optic flow environment: Preliminary evidence for using virtual reality in vestibular rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2004;1:14, doi:10.1186/1743-0003-1-14.
- [12] Gil-Gómez J.A., Lloréns R., Alcañiz M., Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2011 May 23;8:30.
- [13] González-Fernández M., Gil-Gómez J.A., Alcañiz M., Noé E, and Colomer C. 2010. eBaViR, easy balance virtual rehabilitation system: a study with patients. *Stud Health Technol Inform*. 2010;154:61-6.
- [14] Shih C.H., Chen L.C., and Shieh C.T. 2011. Assisting people with disabilities to actively improve their collaborative physical activities with Nintendo Wii Balance Boards by controlling environmental stimulation. *Res Dev Disabil*. 2012 Jan-Feb;33(1):39-44. Epub 2011 Oct 4.
- [15] Shih C.H. 2011. A standing location detector enabling people with developmental disabilities to control environmental stimulation through simple physical activities with Nintendo Wii Balance Boards. *Res Dev Disabil*. 2011 Mar-Apr;32(2):699-704. Epub 2010 Dec 15.
- [16] Esculier J.F., Vaudrin J., Bériault P., Gagnon K., Tremblay L.E. 2012. Home-based balance training programme using Wii Fit with balance board for Parkinson's disease: A pilot study. *J Rehabil Med*. 2012 Feb;44(2):144-50.
- [17] http://wiiibrew.org/wiki/List_of_Working_Bluetooth_Devices
- [18] 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
- [19] Berg K.O., Wood-Dauphinee S.L., Williams J.I., and Maki, B. 1992. Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Can. J. Public Health*, vol. 83 Suppl. 2, pp. 7-11, 1992.
- [20] Folstein M.F., Folstein S., Mchugh P.R. 1975. Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinicians. *J Psychiatr Res*, 12(3):189-198
- [21] Duncan P.W., Weiner D.K., Chandler J., and Studenski S. 1990. Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance *J Gerontol* 1990 45: M192-M197.
- [22] Podsiadlo D., and Richardson S. 1991. The time "up & go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-148.
- [23] Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, Berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82(2):128-137.
- [24] Hill K.D., Bernhardt J., McGann A.M., Maltese D., and Berkovits D. 1996. A new test of dynamic standing balance for stroke patients: reliability, validity and comparison with healthy elderly. *Physiother Can*. 1996;48:257-262. doi: 10.3138/ptc.48.4.257.
- [25] O'Shea S., Taylor N., and Paratz. 2007. J. Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):32-36. doi: 10.1016/j.apmr.2006.10.002.

Plataforma Virtual de apoyo al Envejecimiento Activo

Carlos Rodríguez-Domínguez, Alfonso Caracuel, Sandra Santiago-Ramajo,
María José Rodríguez-Fórtiz, María Visitación Hurtado y Álvaro Fernández-López
Universidad de Granada
Avenida del Hospicio S/N
18071 Granada, España
+34 958 24 30 00

{carlosrodriguez, acaracuel, ssramaj, mjfortiz, mhurtado, alvarofernandez}@ugr.es

ABSTRACT

En este artículo se describe una plataforma accesible vía web que se está desarrollando para contribuir al envejecimiento activo o saludable. El objetivo de la plataforma, denominada VIRTRA-EL (VIRtual TRAIning in ELderly people), es dar soporte a la realización de ejercicios personalizados de evaluación y estimulación cognitiva y funcional diseñados, planificados y supervisados por un terapeuta. Se incluye el uso de realidad virtual y aumentada en algunos de los ejercicios.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Systems]: Information Interfaces and Presentation - *Group and Organization Interfaces*; J.4 [Computer Applications]: Social and Behavioral Sciences - *Psychology*.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Envejecimiento Saludable, Mayores, Evaluación y Estimulación Cognitiva, Sistemas Colaborativos, Sistemas de Información Web

1. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento activo es el proceso de optimización de las oportunidades de salud, participación y seguridad con el fin de mejorar la calidad de vida a medida que las personas envejecen. El término «activo» hace referencia a una participación continua en las cuestiones sociales, económicas, culturales, espirituales y cívicas, no sólo a la capacidad para estar físicamente activo o participar en la mano de obra [1].

Actualmente las capacidades de la persona, sus expectativas vitales y sus posibilidades de participación e implicación en todos los ámbitos de la vida social se prolongan más que en décadas anteriores. A nivel institucional, las líneas de actuación que se proponen para conseguir ese envejecimiento activo de su población son las siguientes [2]: (1) Instaurar una política económica que contemple todo el ciclo vital y facilite las relaciones sociales, lo que mejorará la economía y la seguridad de las personas mayores. (2) Desarrollar, fomentar y difundir los derechos que les corresponden a los mayores como parte integrante de la ciudadanía, sin discriminaciones ni desigualdades

de trato. (3) Facilitar su participación activa en todos los ámbitos y a todos los niveles de la sociedad, y potenciar la solidaridad intergeneracional. (4) Dar soporte coordinado desde todos los ámbitos implicados, sector sanitario, social, económico y cultural. (5) Buscar soluciones y respuestas sostenibles y eficaces a problemas reales, así como modelos innovadores y creativos para adaptar las respuestas a las necesidades de la sociedad. (6) Favorecer la coordinación entre los distintos agentes al objeto de potenciar las acciones y hacerlas eficaces.

Entre las amenazas del envejecimiento con éxito destaca el deterioro cognitivo, cuyo riesgo aumenta a medida que aumenta la longevidad. La consecuencia directa del deterioro cognitivo es la dependencia para el desarrollo de muchas de las actividades cotidianas (cuidado de uno mismo, de su casa, de su dinero, de sus relaciones, etc.). El entrenamiento cognitivo es una medida de tipo preventivo de eficacia demostrada para las personas mayores que no padecen ningún deterioro de sus funciones cognitivas pero también es una intervención eficaz cuando dichas funciones han comenzado a declinar y empieza la dependencia ligada a dicho deterioro cognitivo [3].

Para contribuir al envejecimiento activo a través de un adecuado entrenamiento cognitivo, en este trabajo se presenta la plataforma VIRTRA-EL (VIRtual TRAIning in ELderly people). El equipo involucrado en el diseño y desarrollo de esta plataforma es un grupo multidisciplinar que, siguiendo las líneas de actuación arriba mencionadas y centrándose en dar apoyo a nivel cognitivo, han empezado a trabajar en la creación de una plataforma virtual que de soporte a la evaluación y estimulación cognitiva y funcional de personas mayores a través de Internet. Se trata de una estrategia destinada a la prevención e intervención sobre el deterioro cognitivo que principalmente será útil y accesible para aquellas personas mayores que viven alejadas de los recursos asistenciales y con dificultades de desplazamiento para acceder a ellos. Las pruebas de evaluación y las estrategias de estimulación cognitiva tendrán un *enfoque ecológico* con el fin de obtener una mejor estimación del grado de discapacidad y dependencia de la persona evaluada y como resultado final una disminución de éste. Nuestra finalidad última es prevenir y retrasar la aparición de dependencia asociada al deterioro cognitivo, así como intervenir en sus estadios iniciales.

En las siguientes secciones se describirán en primer lugar el contexto y factores motivadores para el desarrollo de esta plataforma, así como algunas aplicaciones para estimulación cognitiva de mayores, después se presentará la arquitectura y funcionalidad de la plataforma y soluciones abordadas, para finalizar con un apartado de conclusiones y trabajo futuro.

2. ENVEJECIMIENTO ACTIVO, DETERIORO COGNITIVO Y ESTIMULACIÓN

En la actualidad son muchos los investigadores que desde diferentes enfoques estudian el envejecimiento para comprender la forma de vivir más, en las mejores condiciones físicas, sociales y mentales, buscando un modelo de envejecimiento satisfactorio. El mayor reto de una sociedad que envejece es el mantenimiento de las funciones cognitivas, que engloban a las habilidades de atención, memoria, lenguaje, razonamiento, viso-espaciales, ejecutivas, etc. [4]. En general, el declive cognitivo afecta al desempeño de las Actividades de la Vida Diaria (AVD) provocando dependencia. Las AVD que se ven más rápidamente afectadas por el declive cognitivo son las de tipo instrumental (AIVD), que están a la base de tareas que implican la capacidad de tomar decisiones y de llevar a cabo las tareas que requieren interacciones más difíciles con el medio (tareas domésticas, de movilidad compleja, de administración del hogar, del dinero, del propio tratamiento, etc.) [5].

Existen múltiples causas del deterioro de la función cognitiva en las personas mayores, pero en ausencia de una lesión traumática o vascular aguda, debemos destacar tres por orden de intensidad. El primer lugar lo ocupa el deterioro cognitivo asociado al envejecimiento normal, a continuación el estatus mental diagnosticado como Deterioro Cognitivo Leve (DCL) y finalmente los distintos tipos de Demencia. Los primeros indicios del declive cognitivo asociado a la edad [6], provocan ansiedad a las personas mayores, acudiendo al sistema sanitario en busca de una valoración diagnóstica. Un estudio reciente ha encontrado que un 54,2% de las personas mayores que presentan quejas cognitivas subjetivas son diagnosticados de DCL o Demencia en un periodo de 6 años [7]. Para estimar el alcance futuro del problema del deterioro cognitivo debemos tener en cuenta que, por edades, el mayor incremento poblacional en España se producirá en los mayores de 64 años, con un crecimiento de un 16,9% (1,29 millones de personas) en la próxima década. De esta forma, este grupo de edad pasaría a representar en 2019 el 19,0% del total de habitantes en España (9 millones de personas), frente al 16,6% que se observa en la actualidad (fuente: INE). Esto supone un importante volumen de personas mayores en riesgo de dependencia por deterioro cognitivo y que todos aquellos que evolucionen a Demencia necesitarán disponer de una gran cantidad de recursos socio-sanitarios. Cualquier estrategia eficaz de Prevención Primaria que impidiese o retrasase la progresión del deterioro cognitivo implicaría grandes beneficios sociales y sanitarios.

Una de las formas que parecen más lógicas para hacer frente al problema del deterioro cognitivo en las personas mayores y por tanto, de hacer frente a la pérdida de la independencia en las AVD asociada al mismo, sería el entrenamiento mediante ejercicios dirigidos a las mismas funciones que se deterioran.

La literatura científica sobre este campo es extensa, pero son escasos los estudios cuyo rigor metodológico permita extrapolar conclusiones. En nuestro análisis nos hemos centrado exclusivamente en revisiones, meta-análisis y ensayos clínicos que ofrezcan las máximas garantías de control metodológico. Los siguientes hallazgos indican la clara relación entre la actividad mental o cognitiva de la persona mayor y el riesgo de deterioro cognitivo.

En primer lugar, sobre el riesgo de demencia los resultados de un meta-análisis [8] de 22 estudios de cohortes, que incluían una gran población de más de 29.000 personas, indicaron que el riesgo de demencia es un 46% menor en las personas mayores que mantenían una alta actividad mental comparadas con las de baja actividad. En segundo lugar, sobre el riesgo de deterioro cognitivo sin llegar a demencia, se ha encontrado también que las personas con niveles altos de actividad mental tenían menos riesgo de futuro deterioro cognitivo comparado con las personas de menor actividad.

La eficacia preventiva sobre el riesgo de deterioro cognitivo mediante la estimulación cognitiva en mayores sanos, ha quedado demostrada en 7 ensayos clínicos (sólo 4 de ellos estadísticamente significativos) basados en distintos programas de entrenamiento cognitivo preventivo con un periodo de seguimiento máximo de 5 años revisados [9]. El más largo de ellos se desarrolla mediante una aplicación informática (40 sesiones de 60 minutos durante 10 semanas). Las habilidades incluían procesos específicos de codificación de la memoria, entrenamiento general de la memoria, atención, razonamiento, solución de problemas, velocidad de procesamiento de la información y autogeneración de estrategias. Como resultado, se observaron mejoras del *span* atencional, de la memoria verbal y la memoria visual, destacando un estudio que evidencia la mejora a largo plazo en las AIVD [10]. La importancia de este último hallazgo radica en que estas actividades constituyen el dominio más relevante en el inicio de la demencia por ser el primero que se deteriora y constituir la base para ser diagnosticados. Por lo tanto, prevenir el deterioro cognitivo que afecta a las AVD a largo plazo (al menos durante 5 años) es de vital importancia.

En cuanto a los mecanismos que subyacen a este efecto protector, los estudios sobre plasticidad neuronal en el adulto han mostrado que la mejora de la función cognitiva es posible, siempre que se utilicen entrenamientos conductuales a través de ejercicios cognitivos. Estos programas requieren motivar a las personas mayores para que se involucren en actividades intensivas, de forma que éstas representen para ellos una demanda o reto cognitivo. Para facilitar la generalización desde el contexto de entrenamiento al contexto natural, los contenidos deben ser significativos para la persona y las tareas deben tener validez ecológica, y por tanto, personalizables. La evaluación previa a la estimulación ha de ser válida y fiable. Para la adaptación de los sistemas tradicionales de evaluación al entorno computerizado a distancia se requiere que las pruebas informatizadas que se utilicen hayan sido sometidas a los correspondientes estudios de validez y fiabilidad, teniendo como criterio comparativo las pruebas tradicionales estandarizadas.

La intervención en psicoestimulación implica los siguientes aspectos [12]:

- Se requiere una dedicación muy elevada de tiempo del psicoterapeuta al paciente, con lo cual se origina un alto coste en recursos humanos y, por tanto, económicos.
- Es necesaria una formación muy especializada en neuropsicología para llevar a cabo programas de psicoestimulación adecuados, que pueda facilitar al paciente la adquisición de conocimientos, su recuperación o incluso impedir el olvido de los ya adquiridos.
- La intervención con programas de psicoestimulación se torna más complicada para los potenciales usuarios que se encuentran en localidades más pequeñas, donde el tipo de especialistas requeridos son más escasos, y habitualmente el acceso a ellos resulta más caro.

- Falta de programas adaptados a la realidad española en general, ya que muchos de estos programas han sido diseñados en el extranjero; por tanto, no suelen tener en cuenta la realidad social y cultural de nuestro entorno

3. ANÁLISIS DE USO DE TIC PARA ESTIMULACIÓN COGNITIVA

Algunas de las ventajas que las nuevas tecnologías están aportando dentro del campo de la rehabilitación son las siguientes:

- Desarrollo de programas flexibles que se pueden adaptar fácilmente al déficit específico de cada usuario. Se pueden elegir distintos parámetros (tiempo, número de estímulos, movimiento, etc.) en función de las necesidades de cada paciente. Esta flexibilidad de los programas aumenta la utilización y el aprendizaje de los mismos, incrementando su usabilidad.
- Incremento del número de horas de terapia, al tener el terapeuta el apoyo de programas informáticos que permiten establecer programas de psicoestimulación para varios usuarios a la vez. Además, permiten la aplicación de múltiples sesiones de estimulación de corta duración, que evitan cansar al paciente, así como que ciertas sesiones puedan llevarse a cabo en el propio domicilio del paciente.
- Acceso a formación e información vía Internet, tanto por parte de los terapeutas como de los familiares que cuidan al paciente, incrementándose así su grado de formación y especialización en la materia, lo que les permite prestar un mejor servicio y ayuda al paciente.
- Proporcionan una retroalimentación (feedback), con relación a los errores y fracasos, rápida y correcta. Además, permiten modificar las tareas a realizar en función de los resultados.
- Permiten registrar y analizar con precisión ciertas variables como el tiempo de exposición de los estímulos y el tiempo de reacción.
- Facilitan el trabajo del profesional agilizando la gestión de los materiales de estimulación, y en muchos casos su adaptación a los usuarios.
- Permiten el acceso objetivo a los resultados, mejorando el análisis y control de la evolución del rendimiento. Presentan y registran los resultados tras cada sesión de trabajo.
- Se pueden utilizar diferentes dispositivos de interacción con el ordenador para adaptarse a las necesidades de accesibilidad de los usuarios.
- El trabajo con el ordenador facilita la creación de un clima lúdico y motivante en la presentación de las tareas.

Tras una sistemática búsqueda hemos seleccionado 14 programas informáticos existentes para la rehabilitación de funciones cognitivas o destinados a mejorar el funcionamiento cotidiano de los mayores: THINKable/DOS [13], RehaCom [14], Viena Test System(VTS) [15], CogniPlus [16], PSS CogRehab [17], Reeduca[18], Smartbrain[19], Gradior [20][21], ALZ-Avanza[22], m-AvanTIC[23], HERMES [24], COGKNOW [25] y MPOWER[26]La oferta indica el nivel de emergencia de este campo. En todas ellas se ha revisado el tipo de usuarios a los que van dirigidas, su coste, sistema operativo, la posibilidad de uso en grupo y on-line, y su utilidad para diagnóstico, evaluación o estimulación. Sólo cinco de los programas anteriores están disponibles en castellano: RehaCom, Smartbrain, Gradior, ALZ-Avanza y m-Avan-TIC. El análisis realizado nos indica que adolecen de importantes limitaciones. En primer lugar, ninguno realiza una rehabilitación integral de los pacientes, teniendo en cuenta todas las áreas neuropsicológicas que pueden estar

afectadas en esta población. Por ejemplo, solo RehaCom y PSS CogRehab contemplan funciones ejecutivas superiores, y ambos se limitan al entrenamiento en resolución de problemas. Además, solo VTS y Gradior sirven para evaluar o diagnosticar a los participantes, además de su finalidad rehabilitadora. No obstante, la limitación más importante que presenta este tipo de programas es la falta de evidencia empírica concluyente sobre su eficacia.

En muchas ocasiones los programas de intervención cognitiva no se aplican rigurosa y sistemáticamente, cometiendo fallos básicos y careciendo de la integración de muchos aspectos que, para el usuario, pudieran ser de gran utilidad en actividades de la vida diaria, siendo éste uno de los ámbitos que se pretende mejorar con estos programas y que, desgraciadamente, la mayoría de las veces se olvidan. De hecho, ninguno de los programas revisados integra tanto las áreas neuropsicológicas que deberían ser rehabilitadas como el entrenamiento en actividades instrumentales vinculadas de modo directo con las actividades de la vida cotidiana. Ésta puede ser la causa de que, tanto en la práctica clínica como en la investigación, a menudo se considere que estos programas no son eficaces o que sólo lo son temporalmente. De todos los programas considerados, solo dos han presentado datos a la comunidad científica que respaldan su empleo, por lo que no podemos descartar que los demás sean simplemente meras herramientas de entretenimiento para nuestros mayores. El THINKable/DOS ha sido el primer programa de este tipo en demostrar su eficacia, tanto en personas con enfermedad de Alzheimer [13] como con deterioro cognitivo grave [27]. También el programa Gradior ha demostrado tener efectos beneficiosos en pacientes con demencia de tipo Alzheimer en estados leves, mejorando significativamente en aspectos emocionales y comportamentales, y manteniendo sus capacidades cognitivas y de la vida diaria en comparación con un grupo control [20]. Otras limitaciones importantes se refieren al hecho de que, casi sin excepción, estos programas son de pago, por lo que muy poca gente tiene acceso a ellos, y además no suelen centrarse en deterioros cognitivos normales asociados a la edad (una excepción a este punto es el Smartbrain).

Para cubrir estas carencias, en 2011, dentro de nuestro equipo de trabajo, desarrollamos la aplicación PESCO (Programa de Evaluación y Estimulación Cognitiva para mayores) [31], como un programa gratuito de software libre, a instancias del Consorcio Fernando de los Ríos que lo subvencionó para que fuera utilizado por todos los mayores andaluces en las aulas Guadalinfo de Andalucía. El programa incorpora ejercicios para evaluación y entrenamiento de memoria, atención, planificación y razonamiento, con diferentes niveles de dificultad, ayudas y refuerzos para los usuarios. Su interfaz de usuario está diseñada para ser fácil de usar por personas mayores. Esta usabilidad ha sido testeada en una experiencia piloto con resultados muy satisfactorios [28]. La validez y fiabilidad del programa a nivel cognitivo también han sido demostradas dentro de la experiencia piloto [29]. El programa PESCO presenta algunas limitaciones ya que ha sido diseñado para ser una aplicación local, que envía datos a un servidor, con los que posteriormente el terapeuta puede realizar una evaluación del paciente. Por tanto, con ella no es posible realizar una monitorización en tiempo real de la actividad del paciente, así como tampoco la realización de actividades en grupo online y de forma sincronizada entre varios pacientes.

Por tanto, partiendo de la experiencia en el desarrollo de dicho programa e intentando dar respuesta a las limitaciones encontradas, así como a la incorporación de nuevos servicios y funcionalidades, se está desarrollando una plataforma virtual de

apoyo al envejecimiento activo que se presenta en la sección siguiente.

4. PLATAFORMA VIRTUAL DE APOYO AL ENVEJECIMIENTO: VIRTRA-EL

En esta sección se presentará de forma resumida los principales requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma, su arquitectura y la funcionalidad de sus componentes.

4.1. Requisitos

La plataforma web que se está desarrollando en la actualidad se ha diseñado para que permita alcanzar los siguientes objetivos:

- Realización a distancia de la evaluación y el entrenamiento cognitivos de la persona mayor.
- Creación y adaptación de perfiles de usuario para configurar el nivel de dificultad de los ejercicios, y facilitar su adaptación a la cultura, intereses y necesidades específicas de los usuarios.
- Supervisión en tiempo real por parte de un terapeuta: monitorización de los ejercicios.
- Realización de terapias en grupo: ejercicios de forma sincronizada entre varios mayores.
- Mejora de la comunicación entre mayores, cuidadores y terapeutas para mejorar las relaciones interpersonales, recabar opiniones, quejas, sugerencias y ayudar en la terapia (principalmente para la toma de decisiones).
- Seguimiento del progreso de los usuarios con comparativas a nivel de ejercicio, aspecto cognitivo, tiempo, otros usuarios, etc.
- Incorporación de tecnologías de realidad virtual y aumentada que dote a las pruebas de evaluación y estimulación cognitiva de una mayor validez ecológica y de una mejor estimación del grado de discapacidad
- Cumplimiento de atributos de calidad: seguridad, escalabilidad, portabilidad, usabilidad, extensibilidad, etc.

4.2. Arquitectura

Se ha diseñado una arquitectura basada en componentes para modelar la plataforma propuesta como un sistema colaborativo basado en web. Dicha arquitectura puede verse en la Figura 1.

En las siguientes subsecciones se detalla la funcionalidad aportada por cada componente y cómo se posibilita el cumplimiento de los requisitos deseados.

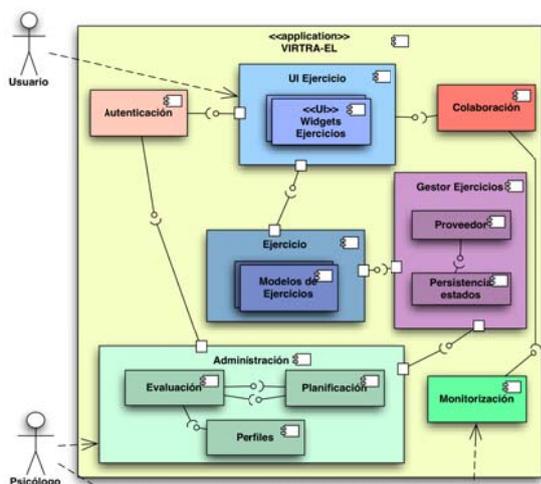


Fig. 1: Arquitectura de VIRTRA-EL

4.2.1. Autenticación

Tres tipos de usuarios pueden acceder a la plataforma: *mayores*, *terapeutas* y *cuidadores*. Cada uno de ellos tiene asociada una funcionalidad concreta, por lo que se establecerán diferentes privilegios de uso asociados a la identificación o autenticación del usuario. Un usuario bajo el rol de *mayor* podrá completar los ejercicios de estimulación cognitiva, acceder a sus datos personales y cambiarlos, ver sus datos de evaluación (mediante la visualización de las “medallas” obtenidas) y colaborar con otros usuarios a través de los ejercicios dispuestos para ser realizados en grupo. El terapeuta podrá monitorizar las interacciones de los usuarios, comunicarse con ellos o ver los datos de evaluación de los mismos (con valores concretos de los resultados obtenidos). También podrá crear perfiles de usuario, personalizar algunos de los ejercicios y planificar el orden de su realización. El cuidador podrá comunicarse con el terapeuta y con el mayor y obtendrá cierta información relativa al progreso del mayor en la realización de los ejercicios.

Para cumplir con la Ley Orgánica de Protección de Datos, se debe informar a los usuarios de qué datos se van a recoger y de cuál será su uso. Asimismo, también se debe garantizar la privacidad del acceso y la seguridad de los datos, por lo que la plataforma incluye un *módulo de autenticación* que implementa mecanismos de autenticación y de gestión de privilegios. Dichos mecanismos permitirán o denegarán el acceso a los datos de los usuarios, a los resultados de sus evaluaciones o a la comunicación y colaboración entre usuarios y terapeutas.

Todos los usuarios acceden mediante su correo electrónico y una contraseña especificada en el momento del registro. La implementación actual de este componente aplica una función hash a la contraseña introducida antes de enviarla a un servidor de autenticación. Este servidor de autenticación contiene la contraseña introducida por el usuario en el momento del registro, tras aplicarle la misma función hash usada con anterioridad. El servidor se encargará de comprobar que ambas cadenas resultantes de la función son equivalentes. Gracias a este esquema de funcionamiento se mejora la seguridad de la plataforma y la privacidad del usuario, ya que no se almacenarán las contraseñas de usuario directamente. Por otro lado, los ficheros que almacenan datos recogidos de los usuarios, y de su interacción al realizar ejercicios o comunicarse, se asociarán a los usuarios usando un sistema codificado similar que el servidor de autenticación se encargará de decodificar para su posterior análisis estadístico.

4.2.2. Perfiles

Los perfiles para las personas mayores permiten adaptar la dificultad de los ejercicios de estimulación, sus contenidos y la visualización de los mismos según las necesidades de los usuarios, su cultura o sus intereses. Se consideran dos tipos de perfiles: *perfiles de usuario*, para personalizar algunos aspectos de la aplicación para facilitar la accesibilidad de ésta a la persona mayor (fuentes tipográficas, colores, idioma, tamaño de los widgets, etc.), y *perfiles cognitivos*, para modificar aspectos de la plataforma para grupos de usuarios mayores con un determinado nivel cultural o necesidad a nivel cognitivo. El grado de dificultad asociado al perfil de usuario o cognitivo permitirá que el usuario mayor pueda disponer de ayudas en pantallas, de diversos mecanismos de interacción en los ejercicios (arrastrar, sólo pulsar, etc.) o de una complejidad variable en los propios ejercicios.

Los perfiles pueden ser gestionados por parte del terapeuta o automáticamente por parte de la plataforma en base a una evaluación de cada usuario llevada a cabo a través de un *screening funcional* y un *screening de pre-estimulación cognitiva*.

Mediante el *screening funcional* se evalúa el grado de realización de actividades de la vida diaria y actividades instrumentales de la vida diaria, recogiendo además datos personales como la edad, sexo, nivel educativo, existencia de alguna enfermedad crónica, si la persona vive sola o no, etc. El *screening de pre-estimulación cognitiva* ayuda a conocer el estado cognitivo de la persona respecto a las áreas de memoria, razonamiento, planificación y atención mediante la asignación de puntuaciones otorgadas a los distintos ejercicios contenidos en dicha prueba. Estas puntuaciones son un indicativo de la existencia de alguna deficiencia a nivel cognitivo y se recogen en el perfil para posteriormente poder realizar la intervención en consecuencia.

Los perfiles se almacenan en una base de datos *mysql* para poder ser actualizados y consultados por los módulos correspondientes.

4.2.3. Planificación

La intervención se debe organizar en sesiones de trabajo con una duración máxima de una hora. En cada sesión se pueden realizar uno o más ejercicios, según su duración y tipo. El orden de los ejercicios y su combinación deben planificarse por anticipado para asegurarse de que se cubren los objetivos de estimulación cognitiva planteados para cada usuario.

El *componente de planificación* permite a los terapeutas programar las sesiones de intervención para una persona mayor, en función de su perfil de usuario o perfil cognitivo. El terapeuta también puede modificar una planificación teniendo en cuenta los resultados que se van obteniendo en la estimulación de un mayor en las sesiones previas, para lo cual, se debe obtener información sobre los últimos avances de cada usuario: planificación previa, último ejercicio realizado y sus puntuaciones, nivel de dificultad alcanzado en cada ejercicio, última vez que accedió a la plataforma, etc. La planificación de las sesiones para cada usuario es almacenada en un fichero xml.

4.2.4. Evaluación

La plataforma debe disponer de un módulo de evaluación que proporcione mecanismos de medida de la interacción del usuario, sus aciertos, fallos, omisiones, tiempo de exposición a los estímulos, tiempo que se toma en responder a los ejercicios, el uso de ayudas y los progresos que hace. Los datos que la plataforma pueda recoger automáticamente servirán para ofrecer cuatro funcionalidades:

- Evaluación por parte del terapeuta del estado y de la mejora del mayor que está siendo estimulado. Esta evaluación se realizará mediante gráficas comparativas.
- Información del progreso para el mayor que haga uso de la plataforma, lo cual constituirá un refuerzo.
- Generación de la información asociada al perfil del usuario a partir del *screening funcional* y del *screening de pre-estimulación cognitiva*.
- Adaptación automática del nivel de dificultad de los ejercicios en base a las respuestas del usuario, tal y como se haya previsto inicialmente, incrementando este nivel si el usuario responde adecuadamente.

La propia plataforma ofrece cuestionarios y test para ser rellenados por el terapeuta que supervisa a los mayores durante la realización de los ejercicios, de tal forma que éste pueda incluir alguna otra información relevante para la evaluación, como puede ser el estado de ánimo o de salud del mayor en la sesión de trabajo. Los datos relativos a la evaluación de cada persona se almacenan en una base de datos *mysql*, lo cual permite que a posteriori pueda hacerse cualquier consulta que ayude a la toma

de decisiones, y obtener más fácilmente estadísticas individuales y de grupos.

4.2.5. Gestor de Ejercicios

Este componente se encarga de facilitar la realización de los ejercicios a la persona mayor. Así, cuando ésta se identifica en la plataforma, el *gestor de ejercicios* recupera el ejercicio que debe realizar según lo programado por el terapeuta con el componente de planificación. Además, el gestor de ejercicios también está relacionado con el componente de evaluación, de tal manera que cada vez que se completa un ejercicio, guarda de manera persistente los datos de evaluación recogidos. De esta forma, es capaz de determinar cuál es el siguiente ejercicio a realizar una vez que se termina el anterior y el grado de dificultad que debe tener según la realización previa.

4.2.6. Ejercicio

Hay diferentes tipos de ejercicios diseñados para trabajar cada aspecto cognitivo a estimular. La mayoría de ellos han sido ya creados para la aplicación *Pesco* y serán reutilizados en la plataforma *VIRTRA-EL*, en concreto son ejercicios para trabajar series lógicas, series semánticas, clasificación de objetos, planificación de tareas, memoria visual y de trabajo y atención visual. Como novedad, se van a incorporar ejercicios para ser realizados de forma colaborativa y ejercicios de realidad aumentada o virtual.

En la plataforma los ejercicios se han diseñado separando su parte gráfica (*frontend* o *UIEjercicio*) de su modelo de datos (*backend*), con el objetivo de que el modelo de datos sea reutilizable en caso de que el *frontend* sea implementado en diferentes plataformas como móviles u ordenadores con pantalla mayor, facilitando por tanto su portabilidad.

El componente *Ejercicio* proporciona el modelo de datos del ejercicio a la interfaz gráfica, según el tipo de ejercicio a representar. En concreto, los datos que se almacenan sobre un ejercicio son los objetos multimedia utilizados para su presentación (texto, imágenes, sonidos, vídeos en su caso), elementos propios del ejercicio según su tipo (letras, números, frases, ocurrencias de cada elemento, posición en pantalla, orden de aparición, etc), ayudas que se ofrecen, niveles de dificultad (parámetros para incrementarlos), refuerzos (visuales y/o sonoros, positivos o negativos, cuándo ofrecerlos dependiendo del tipo de ejercicio), parámetros a medir para la evaluación y las características de la prueba o entrenamiento previo a la estimulación o evaluación. Otra información relevante para un ejercicio es su duración y el número de repeticiones de éste, y si se incrementa o no en cada repetición el nivel de dificultad dependiendo de la respuesta del usuario.

Cada tipo de ejercicio tiene asociado un tipo de *xml* donde se organizan todos los datos anteriores. Cada instancia de *xml* constituye los parámetros de entrada de función asociada a ese tipo de ejercicio.

4.2.7. UI Ejercicio

Este es el componente con el que interactúa el usuario para la realización de todos los ejercicios. Se encarga de recuperar el modelo de datos del ejercicio a representar consultando al componente *Ejercicio*. Una vez obtenido el modelo de datos, el componente *UI Ejercicio* se encarga de representar gráficamente al usuario el ejercicio en sí mismo. Cuando el usuario interactúa sobre su representación gráfica, realiza cambios en el modelo del ejercicio, cambiando su estado (ejercicio finalizado, número de aciertos, errores, petición de ayudas, etc.).

Para representar los ejercicios gráficamente, VIRTRA-EL dispone de diversos *widgets*, basados en la composición de los widgets más habitualmente utilizados en la web (botones, listas desplegables, etiquetas, campos de texto, etc.). Asimismo, está previsto el diseño de widgets más avanzados para permitir la visualización e interacción con escenarios de realidad virtual y aumentada. A la hora de mostrar los widgets al usuario, el componente *UI Ejercicio* también se encarga de obtener información sobre el perfil del usuario para realizar las adaptaciones oportunas (colores, fuentes tipográficas, tamaño de los widgets, modo de acceso, etc.). Como veremos en la siguiente sección, los widgets se deben adaptar a la plataforma tecnológica donde se ejecute el ejercicio.

Hay que destacar que en el diseño de la interfaz gráfica de los ejercicios se han tenido en cuenta aspectos de usabilidad y accesibilidad para mayores. En concreto, se realizó un estudio piloto con cuestionarios a los mayores y observación de campo, y una evaluación heurística que permitieron validar la incorporación de numerosas recomendaciones en este aspecto y mejorar la herramienta Pesca de la que partimos para crear la interfaz gráfica de los ejercicios [32].

4.2.8. Colaboración

Este componente permite la realización de ejercicios colaborativos, proporcionando la funcionalidad necesaria para permitir la *comunicación*, *coordinación* y *cooperación* entre usuarios y terapeutas que hagan uso de VIRTRA-EL con el objetivo de colaborar en un espacio de trabajo y compartir información que también pueda ayudar a la evaluación y estimulación del paciente por parte de los cuidadores o terapeutas.

A nivel de comunicación, se posibilita que varios mayores interactúen entre sí, a pesar de no estar en el mismo lugar, para realizar un ejercicio. También se da soporte para la comunicación no estructurada entre los mayores, los terapeutas y los cuidadores, para facilitar las relaciones entre los tres sectores y fomentar la sociabilidad de los participantes. En este último caso la comunicación podría ser o no sincrónica (mensajería instantánea, buzones de mensajes, etc.). Los usuarios que van a comunicarse deben establecer también protocolos de coordinación que les permitan controlar cómo interaccionar. Se ha previsto que la coordinación para la realización de un ejercicio se haga de las siguientes formas:

- Concurrentemente diversos usuarios realizan tareas distintas de un mismo ejercicio hasta completarlo. Se registrarán datos como el número y tipo de intervenciones de cada usuario y momentos en los que se realizan.
- Cada usuario realiza una tarea cuando le llega su turno, de forma que al final todos lo que están colaborando puedan completar un ejercicio. Se establecerá a priori el orden de intervención.
- Algunos usuarios interactúan con el ejercicio (con cualesquiera de los modos anteriores) y otros solo visualizan como se está desarrollando el ejercicio, pudiendo comunicarse con los del primer grupo para aportar pistas o ayudas en tiempo real.

La cooperación se realiza finalmente porque todos los usuarios trabajan en un ámbito particular e interesa el resultado global de su trabajo. Se podrá configurar el número de componentes de cada grupo. El rol que cada usuario tiene (terapeuta, mayor o cuidador) es el que determina cómo puede cooperar.

Para facilitar la comunicación, este módulo sincroniza las diversas instancias de un mismo widget que se encuentren en ejecución por

parte de diversos usuarios (dos o más). También proporciona mecanismos de conciencia de grupo o *awareness* [33], para dar soporte a la coordinación y cooperación en tres niveles de conciencia [34] como vemos a continuación.

Para conseguir la conciencia informal, noción de lo que está haciendo cada usuario, se ha previsto que cada usuario pueda visualizar las imágenes o avatares que representan a los compañeros con los que está trabajando (foto del usuario, color, dibujo o texto con su nombre). Esta información debe ser extraída del perfil de usuario y de la planificación de las actividades.

La conciencia estructural incluye el conocimiento de la estructura de un grupo y las relaciones entre sus miembros. Como se ha indicado, se contemplan tres roles: terapeuta, mayor o cuidador. Esta diferenciación puede permitir al terapeuta participar en la realización de un ejercicio de forma diferente a un mayor.

La conciencia de espacio de trabajo visualiza la tarea conjunta que un grupo está llevando a cabo. Para ello, se ofrece información contextual como el tiempo o el estado del ejercicio (puntuación, objetivos alcanzados, etc.), que puede ser usada por otros compañeros (*feed-through* [35]) para decidir cómo deben seguir realizándolo. Esta conciencia también puede ser usada por el profesor para evaluar el estado del ejercicio y decidir si debe intervenir para hacer algún cambio, ayudar o dinamizar su ejecución.

Para facilitar la comunicación entre las distintas instancias de los widgets e implementar los diferentes niveles de conciencia de grupo, se hace uso de una implementación del *middleware* BlueRose [30] en PHP y JavaScript. Dicho *middleware* facilita considerablemente el envío de mensajes y la notificación de eventos entre el navegador con el que interactúan los usuarios y los servidores donde se almacenan los datos de los mismos.

4.2.9. Monitorización

Está previsto que VIRTRA-EL permita que el terapeuta pueda monitorizar en tiempo real cómo interactúan los usuarios con los ejercicios. Dicha monitorización estará basada en el módulo de colaboración, que como hemos visto, ayuda al terapeuta no solo a visualizar lo que realizan los usuarios, sino que también a comunicarse con ellos para aportar pistas o ayudas.

La monitorización será muy importante para que el terapeuta pueda adaptar el perfil del usuario y el funcionamiento de los ejercicios en base a las observaciones que haga en tiempo real sobre la interacción con los ejercicios.

4.3. Adaptación multiplataforma

La plataforma VIRTRA-EL ha sido implementada separando muy claramente el *frontend* (interfaz gráfica) del *backend* (modelos de datos y funcionalidad disponible en servidores remotos) y que permite gestionar la información asociada a la plataforma: usuarios, ejercicios, etc.). De esta forma se pueden visualizar los ejercicios modelados en cualquier plataforma. Concretamente, el *backend* no genera ningún elemento gráfico (práctica muy común en el desarrollo web) y el *frontend* solo se comunica con el *backend* a través de llamadas AJAX. El *backend* ha sido implementado en PHP y el *frontend* completamente en HTML, JavaScript y CSS, no utilizando en ningún caso tecnologías propietarias o no estándares (Flash Player, por ejemplo). Entre otras cuestiones, esto permite usar VIRTRA-EL en cualquier dispositivo que disponga de un navegador web y además permite el uso de herramientas tales como lectores de pantalla para mejorar la accesibilidad de la plataforma desarrollada.

Para visualizar los ejercicios, tal y como se mencionaba en la Sección 4.2, se utilizan widgets basados en la composición de los widgets más habitualmente utilizados en la web (botones, listas desplegables, etiquetas, campos de texto, etc.). Dichos widgets han sido implementados haciendo uso del framework jQuery para JavaScript y Bootstrap para CSS, que están totalmente basados en tecnologías estándar y son ampliamente usados por la comunidad de desarrollo web, asegurándose, por tanto, el mantenimiento de dichos frameworks a lo largo del tiempo. Adicionalmente, hay que mencionar que todos los widgets han sido testados en los distintos navegadores actualmente disponibles en el mercado: Internet Explorer (versión 6 en adelante), Firefox (versión 3.6 en adelante), Google Chrome y Safari (versiones de escritorio y móviles). Ciertos widgets, además adaptan su visualización en base al tamaño de la pantalla del usuario, haciendo más fácil su uso en pantallas pequeñas (smartphones, por ejemplo). Diversos ejemplos de visualizaciones de algunos de los ejercicios mediante la composición de widgets se muestran en la Figura 3. En la zona superior de dicha figura se pueden observar un widget que permite comprobar si un usuario ha visualizado un texto. Para ello, se ha compuesto una imagen, un texto y un botón dentro de un marco rectangular. El usuario debe interactuar con el botón para confirmar la lectura del texto.

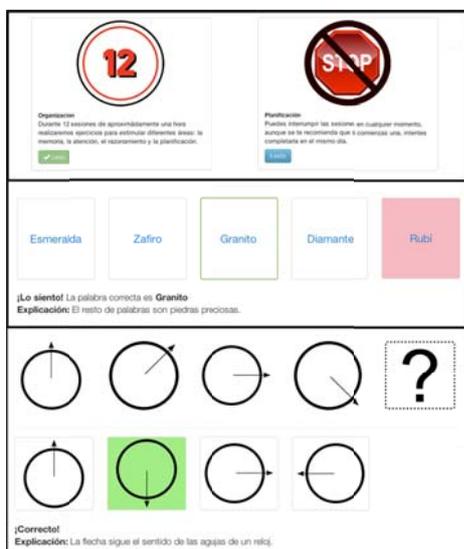


Fig. 23: Ejemplos de ejercicios de VIRTRA-EL

En la zona central se visualizan una serie de botones con un texto que el usuario puede seleccionar. Dicha selección es mutuamente excluyente, por lo que si se selecciona uno, se deselectan los demás. Además, se permite uno de estos botones sea marcado como “correcto” y otro como “incorrecto”, para proporcionar *feedback* al usuario sobre la realización de un determinado ejercicio. En la zona inferior se pueden observar los mismos botones, pero visualizando una imagen en vez de un texto.

Los widgets además estarán replicados de manera remota (distintas instancias del mismo widget son ejecutadas por usuarios distintos a la vez) en aquellos ejercicios específicamente diseñados para la colaboración, tal y como se comenta en la Sección 4.2.8. En dicho caso los widgets adaptan dinámicamente como se interactúa con ellos. Por ejemplo, en un ejercicio colaborativo por turnos, no se podrá interactuar con un widget si no es el turno del usuario.

Finalmente, hay que destacar que el diseño de la plataforma facilita considerablemente el mantenimiento y extensión de

VIRTRA-EL. Por ejemplo, se pueden implementar e incorporar nuevos ejercicios componiendo widgets preexistentes o reutilizando los modelos de datos de otros ejercicios, se pueden modificar las interfaces de usuario de los ejercicios sin modificar los modelos de datos de los mismos e, incluso, se pueden incorporar nuevos mecanismos de almacenamiento de perfiles, resultados de ejercicios, etc., sin modificar la implementación de las interfaces gráficas.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado una plataforma web llamada VIRTRA-EL que permite la realización de ejercicios para la estimulación cognitiva de los usuarios.

Los usuarios podrán ser supervisados por terapeutas, que se encargarán de evaluar su estado y sus avances a lo largo del tiempo, adaptando si es necesario el grado de dificultad y la forma de visualizar los ejercicios. Dichos ejercicios, además podrán realizarse colaborativamente (concurrentemente, por turnos o por grupos de interacción/visualización) entre diversos usuarios, fomentando por tanto, la realización de tareas en grupo. Además, los terapeutas podrán monitorizar en tiempo real como los usuarios interactúan con cada ejercicio, posibilitando que adapten el funcionamiento de los propios ejercicios en base a sus observaciones.

La plataforma VIRTRA-EL está totalmente basada en estándares web (HTML, CSS y JavaScript) y contiene widgets que permiten la realización de ejercicios tales como: Series lógicas, series semánticas, cuestionarios, clasificación de objetos, planificación de tareas, memoria, atención, ejercicios colaborativos y ejercicios de realidad aumentada o virtual.

Como trabajo futuro está previsto que una vez esté totalmente operativa la plataforma, para comprobar la validez de las pruebas de evaluación, se desarrollará un estudio de campo en el cual se administrarán las correspondientes versiones presenciales estandarizadas y las computerizadas incluidas en VIRTRA-EL. Dicho estudio piloto se realizará seleccionando un grupo limitado de personas mayores, terapeutas y cuidadores que usarán la plataforma. Al finalizar este estudio, se analizarán los resultados obtenidos para detectar los posibles problemas que se hayan producido e introducir tanto las mejoras tecnológicas como cognitivas para mejorar la plataforma. La eficacia para la mejora de la función cognitiva será objeto de otro estudio con un grupo de usuarios mayores de la plataforma.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Junta de Andalucía la financiación del proyecto TIC-6600-VIRTRA-EL: Plataforma virtual de evaluación e intervención cognitiva en mayores.

REFERENCIAS

- [1] Envejecimiento activo: un marco político. Revista Española de Geriatria y Gerontología, 37(S2), 74–105, 2002
- [2] *Libro Blanco del Envejecimiento Activo*. IMSERSO, Ed., Madrid: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, 2011.
- [3] N. Gates y M. Valenzuela. Cognitive Exercise and Its Role in Cognitive Function in Older Adults, *Current psychiatry reports*, vol. 12, n.º. 1, pp. 20–27, 2010.
- [4] H. W. Mahncke, B. B. Connor, J. Appelman, O. N. Ahsanuddin, J. L. Hardy, R. A. Wood, N. M. Joyce, T. Boniske, S. M. Atkins, y M. M. Merzenich. Memory

- enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: A randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, n.º. 33, pp. 12523–12528, 2006.
- [5] A. Rodríguez-Castedo y otros, *Libro Blanco de la Dependencia*. Publicaciones del IMSERSO, 2004.
- [6] Asociación Americana de Psiquiatría, *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, DSM-IV TR*. Barcelona: Masson, 2002.
- [7] B. Reisberg, M. B. Shulman, C. Torossian, L. Leng, y W. Zhu. Outcome over seven years of healthy adults with and without subjective cognitive impairment, *Alzheimer's and Dementia*, vol. 6, n.º. 1, pp. 11–24, 2010.
- [8] M. J. Valenzuela y P. Sachdev. Brain reserve and cognitive decline: A non-parametric systematic review, *Psychological Medicine*, vol. 36, n.º. 8, pp. 1065–1073, 2006.
- [9] M. Valenzuela y P. Sachdev. Can cognitive exercise prevent the onset of dementia? systematic review of randomized clinical trials with longitudinal follow-up, *American Journal of Geriatric Psychiatry*, vol. 17, n.º. 3, pp. 179–187, 2009.
- [10] S. L. Willis, S. L. Tennstedt, M. Marsiske, K. Ball, J. Elias, K. M. Koepke, J. N. Morris, G. W. Rebok, F. W. Unverzagt, A. M. Stoddard, y E. Wright. Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults, *Journal of the American Medical Association*, vol. 296, n.º. 23, pp. 2805–2814, 2006.
- [11] M. R. Schoenberg, W. D. Ruwe, K. Dawson, N. B. McDonald, B. Houston, y P. G. Forducey. Comparison of Functional Outcomes and Treatment Cost Between a Computer-Based Cognitive Rehabilitation Teletherapy Program and a Face-to-Face Rehabilitation Program, *Professional Psychology: Research and Practice*, vol. 39, n.º. 2, pp. 169–175, 2008.
- [12] M. A. Franco, Y. Bueno, L. Agüera, M. Martín, y J. Cervilla. Uso de las nuevas tecnologías como instrumentos de intervención en programas de psicoestimulación, *Psiquiatría Geriátrica*, pp. 665–677, 2002.
- [13] S. Giaquinto y M. Fiori, «THINKable, a computerized cognitive remediation: First results.», *Acta Neurológica*, 1992.
- [14] «RehaCom», *SCHUHFRIED GmbH*. [Online]. Available: <http://www.schuhfried.es/cogniplus-cps/rehacom/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [15] «Vienna Test System (VTS)», *SCHUHFRIED GmbH*. [Online]. Available: <http://www.schuhfried.es/vienna-test-system-vts/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [16] «CogniPlus? CogniPlus!», *SCHUHFRIED GmbH*. [Online]. Available: <http://www.schuhfried.es/cogniplus-cps/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [17] «PSSCogRehab 2012». [Online]. Available: <http://www.neuroscience.cnter.com/pss/pssnew/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [18] «Réseau Psychotech - Reeduca». [Online]. Available: <http://www.psychotech.qc.ca/logiciels/reeduca.htm>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [19] Educamigos SL, «Smartbrain». [Online]. Available: http://www.smartbrain.net/smartbrain/previo_es.html. [Accessed: 18-abr-2012].
- [20] M. A. Franco, T. Orihuela, Y. Bueno, y T. Cid. Programa Gradior. Programa de Evaluación y Rehabilitación cognitiva por ordenador, *Valladolid. Edintras*, 2000.
- [21] Fundación INTRAS, «Telegradior». [Online]. Available: <http://www.intras.es/index.php?id=729>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [22] Aideca, «ALZ-AVANZA». [Online]. Available: http://www.aideca.net/alz_avanza.php. [Accessed: 18-abr-2012].
- [23] Tecos - Fundación de tecnologías sociales, «Proyecto M-AvanTIC». [Online]. Available: <http://fundaciontecosos.es/proyectos/realizados/proyecto-m-avantic>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [24] «Hermes». [Online]. Available: <http://www.fp7-hermes.eu/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [25] «Cogknow - Living Independently with Dementia». [Online]. Available: <http://www.cogknow.eu/>. [Accessed: 18-abr-2012].
- [26] M. Mikalsen, S. Hanke, T. Fuxreiter, S. Walderhaug, L. Wienhofen, y N. Trondheim. Interoperability services in the MPOWER Ambient Assisted Living platform, *Stud Health Technol Inform*, vol. 150, p. 366–70, 2009.
- [27] R. M. Ruff, R. Mahaffey, J. Engel, C. E. Farrow, y others. Efficacy study of THINKable in the attention and memory retraining of traumatically head-injured patients, *Brain Injury*, 1994.
- [28] M. J. Rodríguez-Fórtiz, M. L. Rodríguez, M. V. Hurtado, A. Caracuel, S. Santiago-Ramajo, E. Trigueros, A. López, I. Rubio-Gil, I. Rubio, y A. Fernández. Análisis de la usabilidad en un programa de estimulación cognitiva para mayores. Actas *INTERACCIÓN 2011*, Lisboa, Portugal. 2-5 Sept., 2011, np:10.
- [29] A. Lopez-Martinez, S. Santiago-Ramajo, A. Caracuel, C. Valls-Serrano, M. J. Hornos, y M. J. Rodriguez-Fortiz. Game of gifts purchase: Computer-based training of executive functions for the elderly, in *Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2011, Braga, Portugal, 16-18 Nov, 2011, pp. np: 8
- [30] BlueRose, middleware open source. Disponible on-line en: <http://code.google.com/p/thebluerose>.
- [31] Pesco, programa de estimulación cognitiva open source. Disponible on-line en: <http://asistec.ugr.es/pesco>.
- [32] M.J. Rodríguez-Fórtiz, M.L. Rodríguez, M.V. Hurtado, A. Caracuel, S. Ramajo, E. Trigueros, A. López, I. Rubio, I. Rubio, A. Fernández. Análisis de la usabilidad en un programa de estimulación cognitiva para mayores. Actas *INTERACCIÓN 2011*, Lisboa, Portugal, 2-5 Sept, 2011, np. 10
- [33] Gutwin, C., Greenberg, S. Workspace awareness for groupware. *Conference companion on Human factors in computing systems: common ground*, p.208-209, Vancouver, Canada. 1996.
- [34] Dourish, P., Bellotti, V. Awareness and coordination in shared workspaces. *Proceedings of ACM CSCW'92 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Toronto, Canada. pp. 107-114. 1992.
- [35] Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., Russell, B. *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall Europe, 1998, 408-412.

Interacción en Movimiento para la Detección de Caídas y Desmayos

Juan E. Garrido
Computer Science Research Institute
University of Castilla-La Mancha
02071, Albacete, Spain
+34-967599200
juanenrique.garrido@uclm.es

Víctor M.R. Penichet, María D.
Lozano
Computer Systems Department
University of Castilla-La Mancha
02071, Albacete, Spain
+34-967599200
{victor.penichet,
maria.lozano}@uclm.es

José A. F. Valls
Computer Systems Department
University of Castilla-La Mancha
02071, Albacete, Spain
+34-967599200
josian_2@hotmail.com

ABSTRACT

Los entornos sanitarios han sido siempre un importante escenario sobre el que aplicar nuevas tecnologías con el fin de mejorar sus condiciones, solucionando problemas y facilitando la realización de sus tareas. En este sentido la aparición de sensores que permitan la interacción en movimiento de los usuarios ha creado la posibilidad de obtener una solución a un importante problema existente, la detección de caídas y desmayos de forma automática. En este artículo se presenta un sistema ubicuo y sensible al contexto, focalizado en geriátricos, el cual hace uso del sensor Kinect para la localización de este tipo de situaciones de manera automática. El sistema, aplicable a la mayoría de centros sanitarios, permite por medio de un procedimiento basado en avisos y estados de alerta, el control automático de las posturas de los residentes. Cuando el sistema detecta alguna situación anómala, analiza la postura del residente de modo que si finalmente se considera oportuno, el empleado más cercano será avisado con el fin de actuar con la mayor urgencia posible. Es por esto que el sistema ha de ser ubicuo y sensible al contexto, para ser capaz de conocer en todo momento la localización de cada empleado así como de la tarea que está realizando. Con esta información, podrá determinar cuál será el empleado más adecuado para solucionar la situación de emergencia.

Categories and Subject Descriptors

D.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Group and Organization Interfaces – *asynchronous interaction, collaborative computing, computer-supported collaborative work (CSCW), synchronous interaction.*

General Terms

Management, Design, Human Factors.

Keywords

Collaboration, Ubiquity, Context-awareness, Healthcare.

1. INTRODUCCIÓN

Los entornos sanitarios implican condiciones de trabajo cuya complejidad en muchas ocasiones es un factor importante a tener en cuenta ([13], [4], [5] y [16]). Los empleados han de realizar varias tareas de forma simultánea o al menos, es posible que durante la realización de una tarea tengan que estar pendientes de la finalización de un proceso que mantenía detenida una tarea previa (por ejemplo, la recepción de los resultados del análisis de sangre requerido para la aplicación de un tratamiento específico sobre un paciente o residente). Dentro de los entornos sanitarios, los geriátricos son objeto de estudio por parte de los autores, quienes han centrado sus esfuerzos a la hora de estudiar y analizar posibles mejoras que permitan en primer lugar favorecer el desarrollo de las tareas que los empleados han de realizar por medio de las nuevas tecnologías [10]; y en segundo lugar, mejorar el día a día de los residentes de los geriátricos, consecuencia directa del primer objetivo.

La tecnología actual permite la creación de sistemas con diversos modos de interacción con el fin de satisfacer las necesidades de cada tipo de usuario implicado. En este sentido, no serán las mismas necesidades las de un empleado en constante movimiento a lo largo del entorno de trabajo, que aquel que se encuentra en la zona de recepción sin necesidades de movimiento alguna. Sin embargo, existe una problemática importante en los geriátricos, la cual crea la necesidad de utilizar nuevas formas de interacción para encontrar soluciones viables y precisas. Dicha problemática es la localización y gestión de situaciones en las que los residentes se vean implicados en desmayos o caídas [19]. El principal objetivo en estas situaciones consiste en detectar lo más rápidamente posible la incidencia para ser atendida inmediatamente. El problema incrementa en complejidad cuando el residente se encuentra en un lugar sin empleados cercanos que puedan visualizar in situ lo ocurrido.

Los dispositivos que permiten la interacción en movimiento, ayudan en la creación de sistemas con capacidad para interactuar con los usuarios de forma continua y activa, analizando sus posturas y localizando aquellas que se califiquen como peligrosas (desmayos o caídas principalmente). Actualmente existe una amplia gama de dispositivos de interacción en movimiento de entre los cuales es posible destacar Kinect¹, Asus Xtion Pro/Pro Live^{2,3} y SoftKinect DepthSense⁴. A la hora de obtener una

¹ Kinect, Microsoft, 2012: <http://www.xbox.com/es-es/kinect>

² ASUS Xtion Pro, ASUS, 2012:

http://www.asus.com/Multimedia/Motion_Sensor/Xtion_PRO/

solución al problema previamente citado sobre desmayos y caídas en un centro geriátrico, se ha elegido Kinect como el dispositivo adecuado. La primera razón de la elección es la relación calidad-precio que ofrece respecto al resto. A pesar de tener un coste menor (hasta la tercera parte) que el resto de los citados, sus características y capacidades son similares. La segunda razón es debida a su aplicación inicial, ser utilizado como periférico de la consola Xbox 360⁵. El uso en un ámbito tan importante comercialmente como es el mundo de los videojuegos, es una razón de peso debido a presentar importantes y bien definidos desarrollos que impliquen interacciones complejas. La consecuencia directa es que debido a la similitud que en múltiples ocasiones tienen los videojuegos con la vida real, será posible trasladar soluciones virtuales hacia entornos reales, o al menos, podrán servir como base para desarrollos más específicos que solventen problemas de la vida cotidiana.

En este artículo se presenta una solución a la detección de desmayos y caídas en centros geriátricos, aplicable en la mayoría de los centros sanitarios. Basado en la interacción en movimiento de los residentes y empleados con Kinect, el sistema tiene como objetivo aquellas situaciones en las que ningún empleado puede visualizar la caída o desmayo. Como consecuencia, el sistema permite solventar esta situación de forma automática, alertando en el momento de la detección al personal adecuado en base al contexto ([2], [7] y [11]) que rodea al residente, a través de la ejecución de un proceso de avisos.

El sistema propuesto incorpora dos características consideradas como fundamentales para completar el correcto comportamiento del sistema propuesto: ubicuidad ([8], [12], [13], [20] y [18]) y sensibilidad al contexto ([1], [2], [6] y [7]). La necesidad proviene del procedimiento utilizado para saber en todo momento quién es la persona adecuada para solventar la urgencia. El hecho de que el sistema sea ubicuo permite ofrecer conectividad al mismo a los empleados del centro geriátrico, en todo momento y bajo cualquier circunstancia. El sistema podrá saber dónde está cada empleado en cada momento y qué tarea está realizando. Con esta información recogida, el sistema será capaz de saber bajo una situación de emergencia, esto es, ante la detección de una caída o desmayo, quién es el empleado más adecuado para atender la urgencia. Dicho de otro modo, el sistema será sensible al contexto, ya que al conocer dónde está cada empleado y qué tarea realiza, así como dónde ha ocurrido la caída o desmayo, adaptará la urgencia a quién esté en mejores condiciones de actuar.

El resto del artículo está estructurado como sigue: el apartado 2 describe brevemente los fundamentos de Kinect así como diferentes usos reales del dispositivo, herramientas de desarrollo y trabajos relacionados. El apartado 3 presenta la solución desarrollada haciendo uso de Kinect para la detección de caídas y desmayos en un centro geriátrico. Dado que el desarrollo ha conllevado ciertos problemas que han tenido que ser solventados y que han formado un importante punto de inflexión, en este apartado son explicados juntos con las soluciones aplicadas.

Finalmente, el apartado 4 contiene las conclusiones obtenidas del trabajo realizado así como el trabajo futuro que plantea.

2. KINECT COMO DISPOSITIVO INTERACTIVO DENTRO DE UN SISTEMA

Kinect es un dispositivo creado por Microsoft cuyo objetivo inicial es ofrecer a los usuarios de la consola Xbox 360 la capacidad de interactuar con ella por medio de movimientos corporales. De este modo, Kinect puede ser considerado como un dispositivo que permite interacciones naturales por parte de los usuarios.



Figura 1. Componentes hardware de Kinect

El hecho de que los usuarios tengan la capacidad de poder interactuar con sistemas por medio de gestos comunes y cotidianos, hace que la utilización de Kinect implique importantes retos. El mundo de la investigación ha visto en el dispositivo un elemento ideal con el que experimentar con el fin de conseguir soluciones y mejoras en campos como la medicina en el que se han llegado a tratar imágenes médicas [9] y hasta la rehabilitación de personas con dolores o enfermedades crónicas [14]. Adicionalmente, otros campos han visto cómo Kinect ha supuesto un importante punto de interés sobre el que trabajar, como la realidad aumentada [17] e incluso el tema central del presente artículo, la detección de caídas de personas ([19] y [3]).

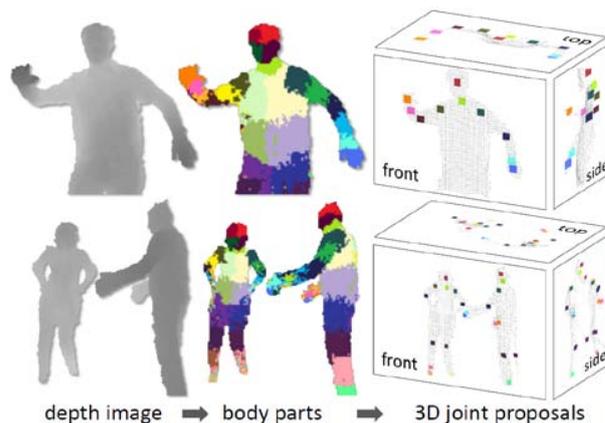


Figura 2. Proceso para el reconocimiento de partes del esqueleto de usuarios llevado a cabo por Kinect ([15])

Desde el punto de vista hardware (ver Figura 1), Kinect está compuesta por tres elementos principales: cámara RGB, sensor de profundidad y un conjunto de cuatro micrófonos. El primer elemento detecta los componentes de color, rojo, verde y azul, así como los diferentes tipos de cuerpos de usuarios y gestos faciales.

³ ASUS Xtion Pro Live, ASUS, 2012: http://www.asus.com/Multimedia/Motion_Sensor/Xtion_PRO_LIVE/

⁴ SoftKinetic DepthSense, SoftKinetic, 2012: <http://www.softkinetic.com/Solutions/iisuSDK.aspx>

⁵ Xbox, Microsoft, 2012. <http://www.xbox.com/es-ES/>

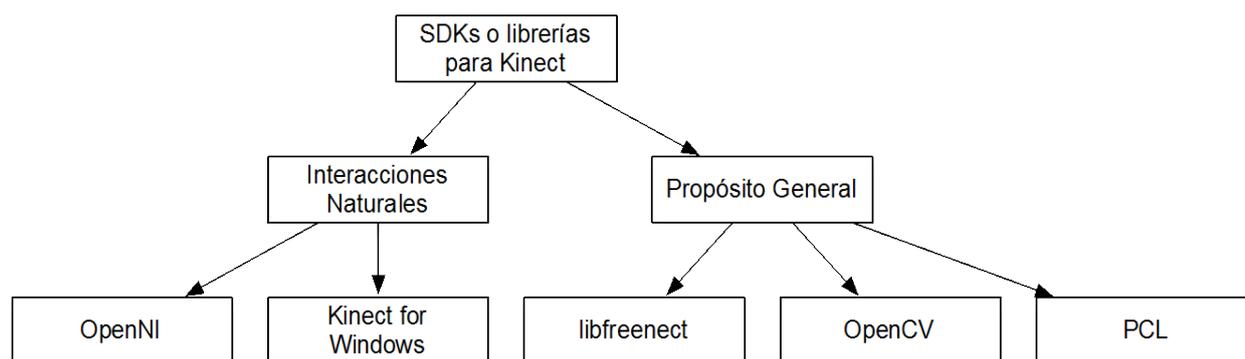


Figura 3. Clasificación de los principales SDKs para Kinect

Estas capacidades permiten que ayude en los procesos de reconocimiento facial y corporal. El sensor de profundidad genera imágenes 3D de aquello que exista en su visión, realizando mediciones de la distancia de diferentes puntos de los cuerpos de los usuarios hasta el dispositivo. Finalmente, el conjunto de micrófonos permiten obtener voces de los usuarios sin ruidos.

Junto a los elementos físicos, Kinect contiene un software específico que hace uso de los mismos con el fin de detectar una serie concreta de puntos del esqueleto de cada usuario representando articulaciones de los mismos. Estos permiten trabajar las interacciones de los usuarios por parte de los sistemas que utilicen el propio Kinect. El proceso seguido para conseguir los puntos es el resultado de un estudio realizado por investigadores de Microsoft en Cambridge [15]. Básicamente el proceso (ver Figura 2) consiste primero en obtener una imagen en la que cada usuario aparezca segmentado, de manera que cada persona sea separada del fondo. El siguiente paso es la identificación de diversas partes del cuerpo haciendo uso de una máquina de aprendizaje la cual entrena con millones de imágenes asegurando que Kinect sea capaz de trabajar con todo tipo de cuerpos, tamaños y posturas de personas. A continuación el sistema obtiene un conjunto de puntos del cuerpo de cada usuario, representado articulaciones. Todo el proceso es realizado por Kinect doscientas veces por segundo, por lo que asegura un seguimiento fiable de la interacción seguida por los usuarios con el sistema. Adicionalmente, el algoritmo en sí actúa de forma separada para cada frame por lo que no pierde el seguimiento del movimiento de los usuarios.

Un punto importante para explotar debidamente el dispositivo Kinect son los diferentes kits de desarrollo (SDKs) y librerías que han aparecido desde su lanzamiento. Su aparición ha permitido la creación de aplicaciones que hagan uso de las capacidades de interacción que el dispositivo de Microsoft ofrece. Estos SDKs o librerías pueden clasificarse (ver Figura 3) en base a si son de propósito general o se centran en interacciones naturales de los usuarios. El primer grupo contiene una de las librerías más antiguas, *libfreenect*⁶, así como *OpenCV*⁷ y *PCL*⁸ (*Point Cloud Library*). Respecto a aquellas librerías o SDKs cuya finalidad es

trabajar con interacciones naturales, destacan *OpenNI*⁹ y la SDK elaborada por Microsoft¹⁰. Este último grupo es de especial interés dada la problemática que se pretende solventar con el sistema que en el siguiente apartado se describe.

3. INTERACCIÓN EN MOVIMIENTO EN ENTORNOS HEALTHCARE

Los entornos sanitarios ofrecen múltiples posibilidades a la hora de utilizar nuevas tecnologías debido a la enorme cantidad de tareas de diversa índole que se han de realizar y los múltiples problemas a solventar. Los centros geriátricos por las características que presentan los residentes de los mismos, contienen la problemática de detectar desmayos y caídas en aquellas situaciones en las que los residentes se encuentran en zonas sin empleados que puedan visualizarlos directamente. Esto es importante tenerlo en cuenta ya que es inviable que en todo momento, todo residente esté siendo visualizado por al menos un empleado. Dada esta problemática a solventar así como la accesibilidad de los autores a un centro geriátrico específico, el sistema se centra en este tipo de centros sanitarios.

Considerando la problemática expuesta, los autores han desarrollado un sistema ubicuo y sensible al contexto, cuyo objetivo es la detección automática de situaciones anómalas en las posiciones adoptadas por los residentes de un geriátrico. El sistema se basa en la distribución de múltiples dispositivos Kinect en localizaciones adecuadas del centro. Cada dispositivo, el cual se encuentra conectado a un ordenador, se mantiene continuamente interaccionando con las personas presentes en su campo de acción. La interacción en movimiento de la que hace uso Kinect, permite identificar diferentes puntos que conforman el esqueleto de cada persona identificada. Cuando se realiza esta identificación se activa el proceso de análisis de la postura actual detectada por parte del sistema, tal y como se especifica en el flujo de trabajo de la Figura 6. El resultado será crear una alerta de diverso grado para verificar el estado del residente o en caso contrario, continuar en la búsqueda de situaciones anómalas.

La identificación de posturas en el sistema se realiza por medio de la utilización del kit de desarrollo que Microsoft proporciona. Este proceso es un elemento clave por lo que es importante

⁶ Libfreenect, 2012: <https://github.com/OpenKinect/libfreenect/>

⁷ OpenCV, 2012: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

⁸ PCL, 2012: <http://pointclouds.org>

⁹ OpenNI, 2012: <http://openni.org>

¹⁰ Kinect for Windows SDK, 2012: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

realizar una descripción sobre cómo internamente el sistema lleva a cabo la identificación. La SDK permite obtener todos y cada uno de los puntos de articulaciones del esqueleto que Kinect es capaz de identificar, concretamente veinte. Estos puntos son proporcionados al sistema a través de una clase que representa al esqueleto y a través de la cual es posible acceder a los puntos. Una vez se ha obtenido esta clase, el siguiente paso es la obtención de aquellos puntos que sean necesarios para la identificación de las posturas a localizar, recopilando su posición de entre los parámetros que lo representan. Cada posición es almacenada en una clase específica formando una tripleta de valores que hacen referencia a la posición exacta del punto en el espacio (eje x, eje y, eje z). Una vez se han obtenido las posiciones en esta representación, se procede a la detección de la postura del residente en cuestión. Para ello es necesario definir algorítmicamente cada postura considerada como conocida, bien sea clasificada como peligrosa o no. De este modo todas aquellas posturas conocidas quedarán almacenadas algorítmicamente como si de un patrón se tratara. El siguiente paso en la identificación de posturas es comprobar que cada postura detectada se encuentra dentro de cada patrón. Para ello, cada postura debe ser analizada por el algoritmo que representa cada postura definida como patrón. Aquella que obtenga un error con respecto al patrón, que se encuentre dentro de un rango adecuado, podrá considerarse como postura relativa a ese patrón y quedará identificada. La Figura 4 muestra algunos ejemplos de posturas correctamente identificadas.

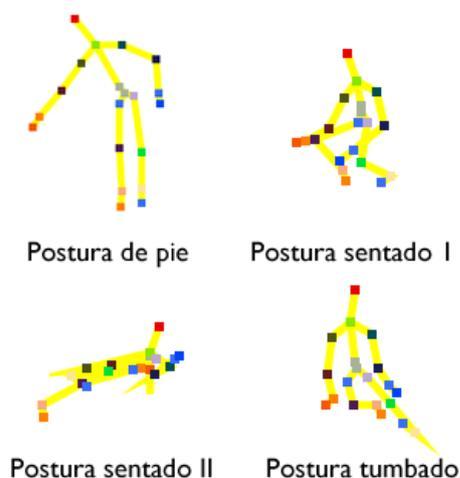


Figura 4. Ejemplo de posturas identificadas correctamente por el sistema

Para el correcto funcionamiento del sistema, el despliegue realizado a lo largo del centro geriátrico objetivo, está compuesto por cuatro elementos principales (ver Figura 5): *área de vigilancia, ordenadores personales, Servidor Web* y *base de datos*. El primero de ellos se centra en el área de vigilancia, que hace referencia a cualquier zona del geriátrico en la que se pueden dar situaciones de caídas o desmayos y que a su vez exista la posibilidad de que un empleado no se encuentre presente. Ejemplos de este tipo de áreas pueden ser salones comunes en los que los residentes interactúan unos con otros, pasillos (cuyo número puede ser importante), ascensores, etc. En estas zonas el sistema contiene una cámara Kinect la cual interactúa con los residentes con el fin de detectar sus posturas. El siguiente elemento necesario para el despliegue son los ordenadores a los que cada cámara Kinect ha de estar conectada. Estos ordenadores

contienen una parte importante del sistema, concretamente, la parte encargada de hacer uso de la SDK de Microsoft para Kinect comentada en el apartado 2. Su función principal es identificar la postura actual de cada residente o empleado detectado. A continuación, el sistema hace uso del Servidor Web el cual permite la comunicación con empleados del mismo, la creación de alertas y por supuesto, la localización de los empleados requeridos en base a ciertas condiciones. El servidor accede al cuarto componente, la base de datos, la cual contiene el estado actual del sistema. Este estado permite al sistema ser calificado como sensible al contexto ya que permite saber qué hace y sobretodo, saber dónde está cada empleado, básicamente su contexto actual. Dicha información le da la capacidad al sistema de conocer en todo momento a quién avisar ante un desmayo o caída. Cada vez que se detecta una de estas situaciones, el ordenador relativo a la detección solicita al servidor un listado de las personas que se encuentren en mejores condiciones para solventar el problema. Para ello, el servidor conociendo la localización del dispositivo Kinect asociado y la de todos y cada uno de los empleados, así como su tarea actual, será capaz de seleccionar los empleados más adecuados.



Figura 5. Despliegue del sistema de detección de caídas y desmayos propuesto

Un aspecto adicional del sistema en base a su comportamiento sensible al contexto, es la recopilación del contexto que rodea a cada usuario. Para ello, el sistema recopila por medio de los dispositivos que cada empleado utiliza, la información que requiere. Las tareas que realizan se obtienen por medio de sus solicitudes al sistema por medio del propio servidor (quien le indica la siguiente tarea a realizar) y las localizaciones gracias a la red de interconexión establecida. Esta red está compuesta por un conjunto de puntos de acceso, asociados a una zona del centro concreta. De este modo, cada vez que un usuario se conecta a un

nuevo punto de acceso, localizando mayor señal Wi-Fi, el dispositivo lo comunica al servidor quien lo refleja en la base de datos. Teniendo en cuenta esta red de interconexión, queda claro que el sistema ofrece ubicuidad gracias a la misma, ya que mantiene a todo usuario conectado, permitiéndole en todo momento y bajo cualquier circunstancia, hacer uso del sistema.

3.1 Proceso de Detección y Actuación Ante Caídas y Desmayos

El flujo que sigue el sistema desarrollado (ver Figura 6) comienza con la detección de una persona cuando se sitúa dentro del radio de acción sobre el que cada dispositivo Kinect es capaz de captar movimiento. Una vez se ha detectado un usuario, el sistema captura la posición del mismo y la analiza posteriormente. El análisis consiste en la comparación de la posición detectada con un conjunto de patrones sobre posturas previamente definidas y conocidas. Dentro de este conjunto es importante indicar que cada una tiene un grado de alerta que permite saber si la postura identificada implica mayor o menor grado de peligro, por lo que permite saber si actuar con mayor o menor urgencia, o no actuar. Adicionalmente, el sistema trabaja siguiendo cuatro estados a

partir de los cuales se guía su comportamiento: *normal*, *pre-alerta*, *alerta* y *urgencia*. Estos estados implican diferentes grados de actuación como a continuación se describirán.

Inicialmente el sistema se encuentra en estado normal buscando de forma continuada una postura. Si el sistema detecta una postura normal en cuanto a que no implica riesgo alguno en la integridad del residente, es decir, que no refleja que pueda haberse producido una caída o desmayo, el sistema continúa con la búsqueda de situaciones anómalas. En el caso de que la postura encontrada corresponda a un patrón de postura con riesgo de caída o desmayo, así como una postura que no coincida con patrón alguno, el sistema entra en un estado de pre-alerta.

El estado de pre-alerta consiste en esperar cinco segundos antes de lanzar la alerta. El sentido de este estado no es otro que confirmar si se ha producido una caída o desmayo, o por el contrario es una postura puntual que el residente ha adquirido momentáneamente. El procedimiento adoptado para diferenciar ambos casos es detectar un movimiento claro en el usuario implicado, modificando su posición anómala de manera contundente. Si por el contrario, el usuario no modifica su posición, el sistema continúa con el estado de alerta.

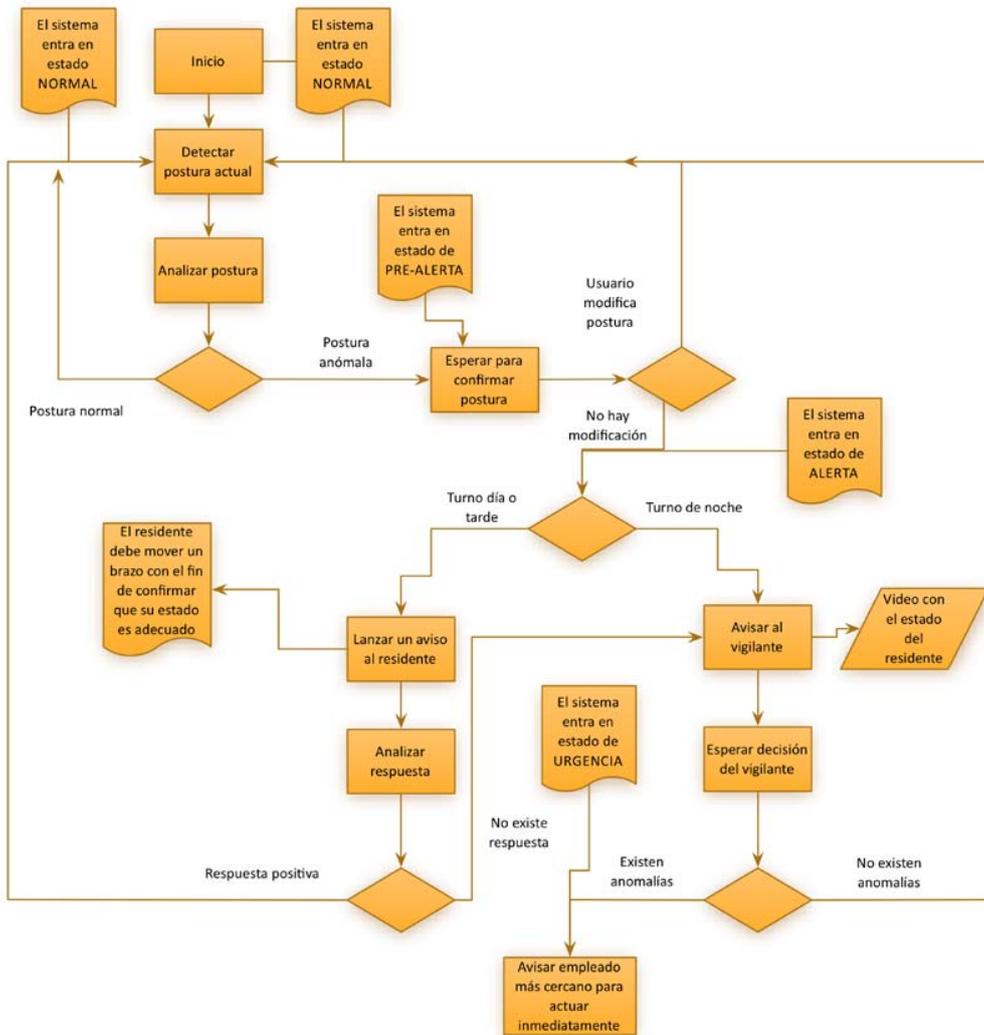


Figura 6. Flujo de trabajo del sistema de detección de caídas y desmayos propuesto

Llegados a este punto el sistema actúa con el estado de alerta pero diferenciando dos tipos de situaciones temporales en el geriátrico: silenciosas y no silenciosas. En el primer caso, el sistema entiende que es de noche y por lo tanto se ha de actuar de diferente manera que durante el día y la tarde. Concretamente, el sistema envía un aviso al empleado encargado de gestionar las alertas, de modo que su labor será visualizar por pantalla el estado del residente, gracias al envío de la imagen que captura la posición detectada por parte del ordenador al que la cámara Kinect implicada se encuentra conectada. Si el empleado no ve riesgo alguno devuelve al sistema al estado normal, en caso contrario, introduce al sistema en estado de urgencia y avisa por medio del mismo, al empleado más cercano con el fin de que ayude al residente lo más rápidamente posible.

Cuando la detección se produce durante el día o la tarde, el sistema actúa siguiendo tres pasos. En primer lugar se envía al residente implicado una señal de audio que se emite desde unos altavoces instalados en el ordenador al que la cámara Kinect en cuestión está conectada. La señal indicará al residente que proceda al levantamiento de un brazo. En este momento la cámara Kinect interactuará para detectar el movimiento solicitado por el sistema. Si el sistema detecta la posición esperada, la alerta se elimina ya que se descarta peligro alguno, se vuelve al estado normal en el sistema de manera automática y se continúa analizando posturas. Si no se recibe una señal visual adecuada del residente por medio de su interacción en movimiento con el sistema, este entra en estado de urgencia y envía un aviso al empleado encargado de caídas y desmayos. Dicho empleado analizará la situación determinando si es necesaria o no la intervención de un segundo empleado cercano al lugar donde se encuentre el residente implicado. En caso afirmativo hará uso de la funcionalidad asociada que ofrece el sistema, eligiendo automáticamente al empleado más adecuado.

3.2 Problemática del Desarrollo

Durante el desarrollo del sistema y su posterior fase de pruebas, se han encontrado una serie de problemas a los que se ha debido hacer frente. Ha sido necesario encontrar soluciones que permitieran el desarrollo final del sistema sin desfavorecer alguna de sus capacidades. Los problemas básicamente tienen origen en el uso de Kinect. Concretamente, han sido tres los problemas que se deben destacar: (1) *colocación de la cámara*, (2) *detección de movimientos relativos a la cabeza*, y (3) *detección de una persona tumbada*.

La situación de la cámara es un aspecto muy importante a tener en cuenta el cual no es trivial. El principal motivo es el alto grado de influencia que la situación tiene a la hora de detectar y calcular los puntos del esqueleto. Inicialmente el sistema contenía las cámaras colocadas a una altura común para un usuario de ordenadores, es decir, a la altura del monitor. Sin embargo, dicha situación no permitía una correcta identificación de movimientos ya que por ejemplo, no siempre era posible detectar a una persona cuando se encontraba de pie. El problema en este caso aparecía cuando una persona totalmente de frente a la cámara se giraba noventa grados. Momento en el que cabía la posibilidad de no localizar su movimiento.

Debido a este tipo de circunstancias se procedió a realizar diversas pruebas con el fin de testear la identificación desde diferentes perspectivas. El resultado obtenido fue que la altura es muy influyente ya que permite al dispositivo Kinect una mejor

detección del esqueleto. Esta mejora proviene del hecho del número de puntos del cuerpo que se han de detectar de cada residente con el fin de calcular su esqueleto y en consecuencia, identificar sus movimientos. La altura permite ser capaz a Kinect de visualizar una mayor parte del cuerpo del residente implicado y por lo tanto, ser capaz de identificar con más calidad los puntos. Evidentemente, a pesar de que a cuanto mayor altura mejores resultados se fueron obteniendo, existe un valor máximo que es aquel en el que la cámara pierde demasiada zona de interacción de movimiento. En definitiva, tras realizar las pruebas se decidió situar las cámaras Kinect en una altura aproximadamente de dos metros, la cual es recomendable para que el residente pueda ser visualizado completamente en todos los puntos de la habitación donde pueda encontrarse.

Dado que un residente puede desmayarse mientras se encuentra sentado, el estudio de la situación originó el segundo problema al que el desarrollo del sistema se enfrentaba. Concretamente, el problema provenía de la dificultad de manejar el punto con el que Kinect calcula la situación de la cabeza, el cual se encuentra relativamente en el centro de la misma. Debido a esto, surgió una importante complejidad a la hora de calcular si se ha producido un movimiento de subida y bajada de la cabeza o un movimiento de izquierda a derecha (y viceversa) ya que al disponer de un único punto, es un proceso bastante delicado. Después de realizar varias simulaciones, se comprobó que al girar la cabeza hacia arriba o hacia abajo, las coordenadas calculadas mediante Kinect son prácticamente las mismas y las diferencias son mínimas respecto a la posición original. En cuanto al giro de la cabeza hacia los lados, es prácticamente similar al caso anterior excepto que el cambio de coordenadas es ligeramente superior. Tras la búsqueda de una solución adecuada, se encontraron propuestas que no dieron el resultado esperado, como por ejemplo la variación de la precisión en los puntos relativos al movimiento en cuestión. Otras opciones que se localizaron fueron la utilización de dispositivos adicionales que los residentes deberían llevar como el uso de un giroscopio [17]. Evidentemente, este tipo de soluciones no son viables al tener que ser transportadas diariamente en todo momento por cada residente, implicando consecuencias morales y de coste. Finalmente, la solución que se utilizó fue la consideración de un tiempo prudente de espera hasta considerar que una persona se encuentra desmayada al no moverse estando sentada. Para ello el sistema guarda la última posición de cada residente de modo que si dicha posición no ha variado en los últimos cinco minutos, el sistema entra en estado de pre-alerta procediendo al proceso que ello implica (ver Figura 6).

El tercer y último problema destacable identificado fue que a pesar de conseguir detectar una gran variedad de posturas, se encontró una importante complejidad para identificar cuándo un residente se encuentra tumbado. El problema residía en la creación de una nube de puntos, todos englobados en una misma posición, cuando una persona se encontraba tumbada. Localizado el problema, se consiguió encontrar solución al mismo por medio de dos vías. La primera vía está directamente relacionada con la situación de la cámara. Debido a que este problema surgía al trabajar con una localización de la cámara a la altura de un monitor en una mesa, al elevar la posición de la misma, aumentaba el número de veces que la nube de puntos se convertía en la detección correcta de una persona tumbada. Por lo tanto se reducía las posibles ocasiones en las que no se detectara a una persona en dicha posición, sin poder ser representada por pantalla adecuadamente. Aún así, dado que se comprobó que esta posición era la única que en los casos posibles

generaba una nube de puntos como la descrita, se insertó en la lista de patrones de posiciones, la nube de puntos como posición de una persona tumbada. Por lo tanto, por medio de la elevación de la posición de la cámara Kinect y la inserción de la nube como patrón de posición tumbada, se solventaba en gran medida el tercer problema importante destacado.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los entornos sanitarios presentan gran cantidad de situaciones difíciles de manejar. Una de ellas es la detección de caídas y desmayos en lugares o instantes de tiempo en los que un empleado no puede visualizar lo ocurrido. La principal razón es debido a la dificultad que existe en conseguir la situación ideal, en la que todo residente o paciente es visualizado continuamente por al menos un empleado. Debido a esto, el uso de nuevas tecnologías es indispensable con el fin de lograr sistemas que permitan gestionar automáticamente estas situaciones, ayudando de este modo a los empleados en el manejo de situaciones complejas y de urgencia.

Los dispositivos que permiten la interacción en movimiento con los usuarios, son un interesante elemento para ser utilizado en centros sanitarios con el fin de solventar la detección de caídas y desmayos. Estos dispositivos permiten localizar a los usuarios situados en su radio de acción, generando la posibilidad de detectar sus posturas, movimientos, gestos, etc.

En el presente artículo se ha descrito un sistema aplicado a un geriátrico (pero válido para la mayoría de centros sanitarios) por medio del cual se detectan caídas y desmayos de forma automática haciendo uso de uno de los dispositivos de interacción en movimiento actuales, el dispositivo creado por Microsoft, Kinect. La elección de este dispositivo ha sido debida a su relación coste-prestaciones en comparación con dispositivos similares. A pesar de ser el más económico, sus capacidades eran muy similares al resto de dispositivos de interacción en movimiento. El despliegue del sistema consiste en la colocación de múltiples cámaras a lo largo de un geriátrico conectadas cada una a un ordenador personal. Su localización se basa en situarlas en aquellas zonas donde existe un alto grado de caídas y desmayos que puedan no ser visualizadas por empleados, como por ejemplo ascensores o pasillos.

El sistema ofrece la capacidad de analizar las posturas de cada residente localizado en el área de alcance de cada cámara Kinect. El sistema estudia automáticamente cada postura comprobando si se trata de una situación anómala (caída o desmayo) o si por el contrario es una postura no problemática. Para ello el sistema compara cada postura con un conjunto de patrones establecidos. En el caso de que se detecte una caída o desmayo, así como una postura no conocida, el sistema activa un procedimiento de actuación que implica el paso del sistema por un conjunto de estados que componen un específico protocolo de actuación. Dicho protocolo contiene tres niveles de urgencia donde en el primero es el propio residente el que debe confirmar su estado; en el segundo el empleado encargado de las alertas debe comprobar visualmente en su ordenador el estado del residente; y finalmente, el tercero implica que el empleado en mejores condiciones de actuación ayude al residente, siendo avisado por el sistema de forma automática. El último paso es una acción que el sistema realiza de forma automática gracias a sus capacidades ubicuas y sensibles al contexto. La ubicuidad permite ofrecer conectividad en el sistema en todo momento y bajo cualquier circunstancia a todos los empleados. El resultado será poder conocer cuál es la localización de cada usuario ya que será almacenada cada vez que

modifique su posición dentro de un radio específico. Con respecto a la sensibilidad al contexto, dado que el sistema almacena la localización de cada empleado y además sabe la tarea que se encuentra desempeñando, es capaz de saber quién es el empleado más adecuado en base a su contexto para ayudar a un residente en caso de caída o desmayo.

El sistema propuesto presenta un interesante trabajo futuro. Concretamente, se pretende mejorar por medio de la búsqueda de una solución adicional, el problema de la detección del movimiento de la cabeza, de modo que se mejore la detección de desmayos en personas que se encuentren sentadas. Una posible solución es la utilización de otros dispositivos que permitan la interacción en movimiento, los cuales incorporen una mejor gestión de los puntos relativos del esqueleto. En este sentido, si además de los puntos que ofrece Kinect para tratar este problema, como son el centro de la cabeza y el cuello, existieran puntos intermedios, el problema podría solventarse de un modo muy eficiente y preciso. Un dispositivo que permite trabajar con una mayor cantidad de puntos es SoftKinetic DepthSense, el cual se pretende que forme parte del sistema en una versión futura.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado por el proyecto CICYT TIN2011-27767-C02-01 del Ministerio de Ciencia e Innovación y los proyectos de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030.

6. REFERENCIAS

- [1] Ahn, C., Nah, Y. 2010. Design of Location-based Web Service Framework for COntext-Aware Applications in Ubiquitous Environments. In *2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, 426 – 433.
- [2] Anagnostopoulos, C.B., Tsounis, A., Hadjiefthymiades, S. 2006. Context Awareness in Mobile Computing Environments. *Wireless Personal Communications* 42, 445-464.
- [3] Ariel A., C.A. 2011. Detección de caídas en humanos usando Kinect. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Castilla-La Mancha.
- [4] Arnrich, B., Mayora, O., Bardram, J., Tröster, G. 2010. Pervasive Healthcare, Paving the Way for a Pervasive, User-Centered and Preventive Healthcare Model. *Methods of Information in Medicine*, 1, 67-73
- [5] Bardram, J.E. 2004 Application of Context-Aware Computing on Hospital Work – Examples and Design Principles. In *Proceedings of 2004 ACM symposium on applied computing*.
- [6] Bardram, J., Hansen, T., Mogensen, M., Soegaard, M. 2006. Experiences from Real-World Deployment of Context-Aware Technologies in a Hospital Environment. In *UbiComp 2006*, 369-386.
- [7] Bardram, J. E., Hansen, T. R. 2010. Context-Based Workplace Awareness. In *Computer-Supported Cooperative Work 2010*, 19, 105-138.
- [8] Bick, M., Kummer, T. 2008. Ambient Intelligence and Ubiquitous Computing. In *Handbook on Information*

Technologies for Education and Training, ISBN: 978-3-540-74155-8.

- [9] Gallo, L. 2011. Controller-free exploration of medical image data: Experiencing the Kinect. In *2011 24th International Symposium on Computer-Based Medical System (CBMS)*, 1-6.
- [10] Garrido, J.E., Penichet, V.M., Lozano, M.D. 2012. Integration of Collaborative Features in Ubiquitous and Context-aware Systems. Workshop on Distributed User Interfaces 2012 (DUI 2012) at the ACM SIGCHI Conference on Human Factor in Computing Systems 2012.
- [11] Handte, M. et al. 2010. The NARF Architecture for Generic Personal Context Recognition. In *2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, 123-130.
- [12] Henriksen, K., Indulska, J. 2006. Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach. *Pervasive and Mobile Computing* 2, 1, 37-64.
- [13] Maderia, R. N., Postolache, O., Correia, N., Silva, P. 2010. Designing a Pervasive Healthcare Assistive Environment for the Elderly. In *UbiComp 2010*, Copenhagen, Denmark.
- [14] Schonauer, C. 2011. Chronic pain rehabilitation with a serious game using multimodal input. In *2011 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, 1-8.
- [15] Shotton, J., et al. 2011. Real-Time Human Pose Recognition in Parts form Single Depth Images. In *2011 IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1297-1304.
- [16] Sneha, S., Varshney, U. 2009. Enabling ubiquitous patient monitoring: Model, decision protocols, opportunities and challenges. *Decision Support Systems*, 26, 606-619.
- [17] Vera, L, Gimeno, J., Coma, I., Fernández, M. 2011. Espejo Aumentado: sistema interactivo de Realidad Aumentada basado en Kinect. In *Interacción 2011*, Madeira, Portugal, 347-356.
- [18] Weiser, M. 1991. The computer for the 21st century. *Scientific American* 265, 3, 94-10
- [19] Xinguo Yu. 2008. Approaches and principles of fall detection for elderly and patient. In *HealthCom 2008, 10th International Conference on e-health Networking, Applications and Services*, 42-47.
- [20] Zhou, J., Gilman, E., Palola, J., Riekkki, J., Ylianttila, M., Sun, J. 2010. Context-aware pervasive service composition and its implementation. *Personal Ubiquitous Computing*, ISSN 1617-4909, 1-13.

Evaluation of the Sense of Presence and Immersion in Virtual Rehabilitation: Influence of User Movement Feedback

Sergio Albiol-Pérez
Universidad de Zaragoza Campus de
Teruel
Ciudad Escolar s/n
44003 – Teruel (Spain)
+34 978 61 81 02
salbiol@unizar.es

José-Antonio Gil-Gómez,
Mariano Alcañiz
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n
46022 – Valencia (Spain)
+34 96 387 70 00
{jgil | malcaniz}@upv.es

Habib Moussa Fardoun
Universidad de Castilla-La Mancha,
Campus Universitario s/n
02071 – Albacete (Spain)
+34 967 59 92 00
habib.moussa@uclm.es

ABSTRACT

Virtual Rehabilitation has undergone enormous development in recent years. Most existing Virtual Rehabilitation Systems include a tracking system to provide users with feedback of their movements, allowing them to interact with the virtual environment. The aim of this study is to analyze the influence of this feedback on the sense of presence and immersion of the users. We used a Virtual Rehabilitation system with sixteen healthy subjects. These subjects were evaluated through questions of the VRUSE questionnaire related to the sense of immersion/presence. The results show that providing feedback to users significantly improves the sense of presence and immersion.

Categories and Subject Descriptors

H5.1. [Multimedia Information Systems]: Artificial, augmented, and virtual realities.

General Terms

Human Factors, Design, Experimentation, Reliability.

Keywords

Presence, Immersion, Virtual Rehabilitation, Tracking, Human Computer Interaction.

1. INTRODUCTION

In the last few years, there has been increasing interest in the application of Virtual Reality and technology in the field of rehabilitation [1], with clinical results that prove their effectiveness [2][3][4].

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

Most of the Virtual Rehabilitation Systems (VRS) [5][6] and Virtual Systems developed to date use a tracking system as part of their hardware components [7]. The tracking system is usually expensive and requires special conditions and/or installations (i.e., controlled light conditions, an exclusive room, etc.) [8]. All this hinders the integration of the VRS at clinical facilities.

This tracking system is often essential depending on the type of rehabilitation being performed. At other times, the tracking system is only used to enable the patient to interact with the virtual environment, increasing the sense of presence and immersion of the patient. In our most recent works [9][10], we made an extensive review of this subject, and our goal was to quantify how much the feedback provided to the patient by the tracking system increases this sense of presence and immersion.

The article is organized as follows: Section 2 explains the materials and methods used to perform the study and presents the system structure. Section 3 presents the results of the study and a brief discussion of these. Finally, Section 4 presents our conclusions and future work.

2. MATERIALS AND METHODS

This paper presents a study of the sense of presence and immersion in a virtual environment developed for Motor Rehabilitation: RehabTrak.

Sixteen healthy subjects ranging in age from 20 to 37 years-old (mean age 27.25, 6 male, 10 female) participated in this study. Most of the subjects were university students with no disabilities. Each student was paid 10€ for their participation. The reasons for a subject's exclusion from the study were the following: cognitive and motor deficits; previous experience with VMR systems; and a high level of knowledge in the area of computer graphics, computer games and/or three-dimensional virtual environments. We divided the subjects into two groups:

- Group A: The subjects played with the game and the system showed them virtual feet that reproduced all of their movements. This group carried out the exercise with tracking feedback.
- Group B: The subjects played with the game and the system did not show the virtual foot movements. This group carried out the exercise without tracking feedback.

In this paper, we do not deal with the usability methods applied to perform the evaluation of the test. Interviews were conducted after the sessions to obtain information and resolve any doubts that had arisen during game play. We believe that the user should be sufficiently involved in the process in order to truly feel like the protagonist.

The standards related to usability are: ISO 13407 (1999): Processes of people-centered design for interactive systems, ISO 9241 (1998): Guidance on usability, ISO / IEC FDIS 9126-1 (2000): Software Engineering, Product Quality, ISO TR 18529 (2000): Ergonomics of human-system interaction, ISO / IEC 12207. These standards are inter-dependent and define a common framework for SW development processes.

System Structure

The system structure is composed of both hardware and software.

The hardware system consisted of:

- a standard PC connected to a TV.
- an optical tracking system (six *Natural Point* Optitrack cameras without infrared led ring).
- two small spheres (four centimeters in diameter) coated with catadioptric tape.
- a Velcro strip to attach the spheres to the subject.

The software system consisted of:

- the use of GameStudio [11][12].
- tracking software to calibrate the Optitrack cameras [13].
- the use of Virtual environment programmed in lite-C.
- virtual objects (see Figure 1).

Each participant followed a protocol with three stages: calibration, testing, and presence/immersion evaluation.

The calibration and testing stages corresponded to a normal session with RehabTrak. RehabTrak is a Virtual Rehabilitation system that is designed for standing balance recovery. The contents of RehabTrak are designed following a game scheme to improve the adherence of the patients to the rehabilitation process.



Figure 1. The virtual objects used in RehabTrak.

In the calibration stage, the instructor placed two spheres coated with catadioptric tape on each ankle of the subject. The instructor then explained the object of the game to the subject (basically to step on different virtual objects with one of their feet and return to the central area). Then, the subject practiced with the system for two minutes.

In the testing stage, the subject played with the system for five minutes (see Figure 2, right). In the study, we randomly divided the participants into two groups, group A and group B. Tracking was performed for both groups; however, the subjects in group B were not shown the virtual feet. Therefore, they had to guess the position of virtual objects by moving their feet to the correct area, where, after a few seconds, the system hid the virtual objects without any feedback.



Figure 2. User playing with feedback (left); user playing without feedback (right)

The users in group A (see Figure 2, left) carried out the exercise with tracking feedback, that is, they saw virtual feet in the virtual environment that reproduced all the movements of their own feet. In this way, they interacted with the virtual objects, and, thus, the environment responded to the user (for instance, when the user stepped on an object, the object disappeared).

#1	I felt a sense of being immersed in the virtual environment	Immersion
#2	I did not need to feel immersed in the virtual environment to complete my task	Appropriateness
#3	I got a sense of presence (i.e., being there)	Presence
#4	The quality of the image reduced my feeling of presence	Presence
#5	I thought that the field of view enhanced my sense of presence	Presence
#6	The display resolution reduced my sense of immersion	Immersion
#7	I felt isolated and not part of the virtual environment	Presence
#8	I had a good sense of scale in the virtual environment	Presence
#9	I often did not know where I was in the virtual environment	Presence
#10	Overall I would rate my sense of presence as: very satisfactory, satisfactory, neutral, unsatisfactory or very unsatisfactory.	Overall

Table 1. Questions for the Sense of Immersion/Presence category of the VRUSE questionnaire.

In the presence/immersion evaluation stage, we used the questions related to the sense of immersion/presence of the VRUSE test [14]. The VRUSE test is a usability questionnaire that is designed to evaluate the usability of virtual environments [15].

This questionnaire consists of 100 questions that are divided into different categories: Functionality, User Input, System Output, User Guidance and Help, Consistency, Flexibility, Simulation Fidelity, Error Correction/Handling and Robustness, Sense of Immersion/Presence, and Overall System Usability. Each question is answered using a five-point Likert attitude scale (1. strongly disagree, 2. disagree 3. undecided, 4. agree, or 5. strongly agree).

For our study, we analyzed the ten questions of the specific category “Sense of Immersion/presence” (see Table 1). The first nine questions relate to immersion, appropriateness, or presence; in the last question, #10, the users were asked to rate their overall sense of presence. To fill out the anonymous questionnaire, the participant answered the 100 questions in an isolated room without the presence of the instructor.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of group A and group B were analyzed using descriptive statistics (mean, standard deviation, and Student’s t-test) as shown in Table 2. The stability of the t-test was evaluated with 95% limits of agreement ($p < 0.05$).

In Table 2, the minimum value for each question is 1, and the maximum value is 5. We discuss the results for the different questions below.

The conditions and properties evaluated by the questions #2,#4,#5,#6,#8, and #9 were the same for both groups A and B (i.e., question #4 evaluates the quality of the image, but this quality is identical in both groups). Therefore, no significant differences were expected in these questions. The results shown in Table 2 confirm these expectations.

For the aim of our experiment, we must focus our discussion on questions #1, #3, #7, and #10.

In question #1 (“I felt a sense of being immersed in the virtual environment”), a significant difference ($p < 0.05$) demonstrated that the group with user movement feedback felt a greater sense of being immersed.

Question #3 (“I got a sense of presence (i.e., being there)”) showed that the sense of presence was significantly better ($p < 0.05$) in the group with user movement feedback.

The results of question #7 (“I felt isolated and not part of the virtual environment”) did not coincide with our expectations.

Q	Mean±SD		p-value	Significance
	Group A	Group B		
#1	3.88±0.83	2.50±1.41	0.045	Significant
#2	4.13±0.99	3.38±1.60	0.320	Not Significant
#3	4.00±0.53	2.50±1.41	0.026	Significant
#4	2.38±0.92	2.63±1.06	0.517	Not Significant
#5	3.50±0.53	3.00±0.53	0.104	Not Significant
#6	1.75±0.46	1.88±0.83	0.763	Not Significant
#7	3.25±1.16	3.63±0.92	0.285	Not Significant
#8	4.13±0.35	3.88±0.64	0.351	Not Significant
#9	2.13±1.36	1.75±0.46	0.549	Not Significant
#10	4.00±0.00	3.38±0.74	0.049	Significant

Table 2. Results for the Sense of Immersion/Presence category of the VRUSE questionnaire. Differences were significant if $p < 0.05$.

Even though the sense of being isolated was greater in group B (mean of 3.63 in group B vs. a mean of 3.25 in group A), the difference between groups was not statistically significant. This is the only question that did not confirm our previous expectations.

Since the last question, #10 ("Overall I would rate my sense of presence as unsatisfactory...or very unsatisfactory") evaluates the overall sense of presence, it can be used as the best reference to globally determine this feature. The results of the question demonstrated that the group with feedback (Group A) obtained a significantly better score than the group without feedback.

4. CONCLUSIONS

In Virtual Reality systems, the tracking system is a key component. The tracking system provides users with feedback of their movements. Despite its importance, we have not found studies that analyze the influence of this feedback on the sense of presence and immersion. Thus, the aim of this experiment is to quantify this influence.

Our study confirms that providing user movement feedback significantly improves the sense of presence and immersion (Questions #1, #3 and #10).

However, we have also had an unexpected result: there was no significant difference in the sense of isolation from the virtual environment between two groups (Question #7).

This study represents a work in progress. It is the first stage in a comparative study between healthy subjects and patients with brain injury without cognitive problems. We are currently completing the second stage of our experiment with these patients. The initial results with these patients indicate that they are similar to the results obtained with the healthy subjects described in this work.

5. REFERENCES

- [1] Burdea, G.C.: Virtual rehabilitation-benefits and challenges. *Methods Inf. Med.* 42(5), 519-523 (2003).
- [2] Sveistrup, H.: Motor rehabilitation using virtual reality. *J. NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1: 10 (2004).
- [3] Holden M.: Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav*, 8(3): 187-211 (2005).
- [4] Rose, F.D., Brooks, B.M., and Rizzo, A.A., Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *Cyberpsychology and Behaviour*. 8(3): p. 241-62; discussion 263-71 (2005).
- [5] Cameirao M.S., Bermúdez S., Verschure P.F.M.J.: Virtual reality based upper extremity rehabilitation following stroke: a review. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 1(1):63-74 (2008).
- [6] Rand, D., Katz, N., and Weiss, P.L.: Intervention using the VMall for improving motor and functional ability of the upper extremity in post stroke participants. *Eur J Phys Rehabil Med.* 45(1): p. 113-21 (2009).
- [7] Fagiani, C., Margrit, B., Gips, J.: Evaluation of tracking methods for Human-Computer Interaction. *Applications of Computer Vision*, 2002. (WACV 2002).
- [8] H. Zheng, N. D. Black and N. D. Harris, "Position-sensing technologies for movement analysis in stroke rehabilitation," *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 43, pp. 413-420, Jul. 2005.
- [9] Gil-Gómez et al.: Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2011 8:30.
- [10] Gil, J., Alcañiz, M., Montesa, J., Ferrer, M., Chirivella, J., Noé, E., Colomer, C., Ferri, J.: Low-cost Virtual Motor Rehabilitation System for Standing Exercises. In: *Virtual Rehabilitation*, pp. 34-38. Venecia, Italy (2007).
- [11] Gamestudio.
<http://www.3dgamestudio.com/>.
- [12] Lenguaje Lite-C.
<http://www.conitec.net/english/gstudio/litec.php>
- [13] Optitrack cameras.
<http://www.naturalpoint.com/optitrack/>.
- [14] Kalawsky, R.S.: VRUSE—a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems, *Appl Ergon*, Vol. 30(1), pp. 11-25 (1999).
- [15] Fitzgerald, Diarmaid; Trakarnratanakul, Nanthana; Dunne, Lucy; Smyth, Barry; Caulfield, Brian; , "Development and user evaluation of a virtual rehabilitation system for wobble board balance training," *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE* , vol., no., pp.4194-4198, 20-25 Aug. 2008.

KAU e-Health Mobile System

Antonio Paules Ciprés, Habib M. Fardoun
Information Systems Department, King Abdulaziz
University (KAU)

P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332

apcpires@gmail.com, hfardoun@kau.edu.sa

Daniyal M. Alghazzawi, Mouath Oadah
Information Systems Department, King Abdulaziz
University (KAU)

P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332

{dghazzawi, moadah}@kau.edu.sa

ABSTRACT

E-Health is referred to the application of Information and Communication Technologies (ICT) to the wide range of issues affecting the health care field. For example this may include the process starting with the registration and the diagnosis, to patients' follow-up as well as the organizational management related to each of these activities. From a citizen' viewpoint, e-Health provides considerable advantages related to information personalization which in some cases can include alternative diagnoses. From a health professional's viewpoint, e-Health refers to the actual improved access to relevant information, which, for example, can be directly associated with major medical journals and associations, electronic prescribing and overall accessibility to patients' personalized health information by ease of access to Medical Records (MR). However, current solutions do not provide real time access to such MRs especially in cases of emergency such as accidents. Therefore, in this paper, we present a new solution for e-Health, named KAU-Health; KAU-Health is a new system based on cloud computing which allows hospital users to interact in real time, and obtain critical information, which is crucial for immediate decisions making.

Categories and Subject Descriptors

C2.1 [Network Architecture and Design]: Message sending - Network communications; D4.7 [Organization and Design]: Distributed systems - Interactive systems; I3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques; H.5.2 [User Interfaces]: Graphical user interfaces (GUI) - Interaction styles

General Terms

Management Documentation, Performance, Design, Human Factors

Keywords

E-Health, m-Health, Human-Computer Interaction, Mobile Devices, Cloud Computing

1. INTRODUCTION

Information and Communication Technologies (ICT) is constantly

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'12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

creating progressive impact in our daily lives including the health sector (e-Health). E-Health involves wide range of applications to aid and support the Health Care Sector; for example, patients' registration, diagnosis and follow up as well as organizational management required to facilitate the administration that supports the necessary process for each of these activities [1]. Paramedics, doctors and nurses can have easy access to their patients' medical records, retrieving laboratory tests results quickly so to send instant prescriptions directly to the pharmacists. Furthermore, by accessing such a support e-Health system, the patient is more informed and connected to the relevant information pool and medical support related to any part of the process. Consequently, there are numerous benefits for the participants in the whole sanitary system [2].

Related research funded by the Sanitary Care System in Saudi Arabia, shows that the e-Health introduction to the sanitary system could increase patients' survival rate by 15% and reduce the number of hospital days hospitably 26% [3]. Based on related results we can safely predict the utility of such systems to the Health sector. For professionals, immediate accessibility to personal medical data is feasible via the *computerized* clinical history of the Patient [4]; other than patients' medical records, e-Health supports access to relevant scientific information associated with major medical journals and associations by electronic prescribing (e-prescription). E-Health also supports patients' information personalization as well as their ease of access also supporting patients to obtain alternative diagnoses [5]. Overall, e-Health systems support a wide range of services such as Electronic Medical Records (EMR), telemedicine, Health Consumers Informatics, Knowledge Management Health, Virtual Health Teams, mobile (m-Health), grids of Health and Health Care Information Systems, among others [6].

In this research, we focus on m-Health presenting an m-Health application specifically designed for mobile devices. Nowadays there is growing digital access in Saudi Arabia, which is translated, to 74% of the population accessing the Internet via a mobile or a computer [7]. Thus, it is safe to assume that e-Health is the future for Saudi Arabia. M-Health offers a great opportunity to advance the health care sector. For this reason, our ongoing research foresees that when Saudi Arabia reaches an appropriate developmental level, e-Health is a great opportunity for short and long term impact for the health care sector [8].

2. TECHNOLOGY SUPPORTED HEALTH CARE SYSTEMS

E-Health covers a wide range of medical services via ICT support. Technological advances have now made possible the merge of diverse technologies used for remote patients' support in e-Health [9]. For example, a patient can now arrange an appointment using

the Internet services, request medical consultations via a simple Email/SMS or even receive/send his medical records to a specialist. Furthermore, patients can be constantly and fully informed about their conditions and are also psychologically closer to their doctors if physical proximity is not possible. Such implementations are added value to the health care sector and can be applied to diverse medical fields, as for example, surgery, teleradiology, consultation, telesonography, remote diagnostics for thermal digital imaging, prevention, prognosis of disease, etc. Such implementations certainly indicate improvement, not so much as a technological breakthrough as the technological infrastructure is already there, but in regard to patients' personal, psychological and social perspective.

According to WHO [10], e-Health refers to "the use in the health sector of digital information, transmitted stored, or obtained electronically to support the health care users, locally and remotely". It is based on the ICT implementation in areas ranging from organizational management, access to relevant information, constant monitoring, and provision of even alternative diagnoses by doctors located in different countries via Tele-consultation to name a few. On one hand, the health care professionals appreciate the ICT benefits for remote collaboration for sharing information with their colleagues across systems. On the other hand, there are great advantages for electronic diagnosing and prescribing for patients living in remote areas who cannot attend an appointment. In the case of Saudi Arabia, e-Health could provide sustainable solutions to problems related to the wide population distribution [11].

An accurate and precise diagnosis used for appropriate treatment is the first step where the ICT implementation for medical purposes can be more efficient supporting immediate and effective decision making for appropriate action taking. However, we need to stress that e-Health is not a substitute, an alternative or adjunct to health care patient's *personal* attention by a professional; e-Health provides additional support in administration as well as facilitating the medical process in diverse areas such as improving access to records, reducing response times, enhancing diagnosis effectiveness, and ultimately, improving the overall patient quality service. E-Health can now save lives as for example due to online data accessibility in accidents, which is vital in situations where a few minutes separate patient from life and death.

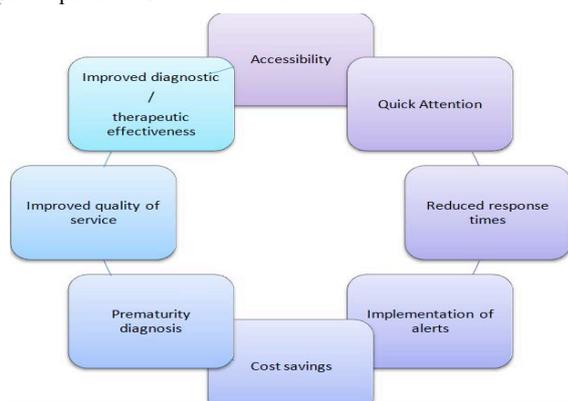


Figure 1. Jeddah health care improvements in comparison to mobile health care applications

E-Health can cover a wide range of services that are now on the edge of medical / health care supported by ICT such as: *Medical Records (Electronic Records), Telemedicine, Consumer Health*

Informatics, Knowledge Management Health, Virtual Health Teams, M-Health, Health Screens, and Health Information Systems.

Based on existing research and current technological advantages, our proposition does not offer an alternative or additional "health care". It offers alternative ways to provide regular services in a more efficient and effective way anchored in cloud computing services. Such system architecture facilitates and supports ease of access and use.

3. KAU-HEALTH OPERATING SYSTEM

3.1 Description

KAU-Health is an innovative system anchored in leading research hospital management systems and mobile applications in order to provide: (a) a complete status overview of all patients from hospital admission to their discharge; (b) coordination of the clinical and non-clinical patient process including therapeutic and diagnostic order logistics occurring in a hospital environment; (c) provision of a simultaneous patients' process flow and hospital movements overview. As a result, KAU-Health solves major problems according to the Care Logistics Hospital [12]. A major challenge the hospitals are facing today is the inefficient patient process flow overview which is becoming more pronounced as hospitals struggle with increasing patients and consumers' demands, aging facilities, declining revenues and limited access to capital. With the expected impact of the healthcare reform, it is imperative for the hospitals to adopt operational improvement methodologies that look beyond specific departments and instead adopt a system-wide approach in order to achieve Total Hospital Efficiency. Most hospitals have clinical, financial, and departmental hospital software solutions, however, without a fully integrated hospital management system that is able to track and manage system-wide patients' flow logistics in real-time.

Based on the actual re-engineering of this process, KAU-Health Operating System coordinates and integrates all the clinical patients' processes, movements and suggested decision making occurring in the hospital environment in order to provide such overview of the patients' processes flow. The enhanced KAU-Health supports the operational hospital transformation so to timely and efficiently deliver patients throughput, which aids the patients' process and flow such as on diverse steps: cost control; increases of physician, patient and staff satisfaction; revealing beds availability to support new patients' admissions; average length of stay reduction; or even revenue strength. Consequently, KAU-Health Operating System implementation delivers critical improvements in-patient flow and care coordination. Through an orchestrated and inclusive approach which combines mindsets, methodologies and up-to-date technologies, KAU-Health Operating System aids in refocusing on the actual efficiency of the care provision process for ultimate users' performance optimization across the entire facility rather than within individual departments.

3.2 KAU-Health Architecture

KAU-Health Operating System ensures portability and connectivity for optimal interoperability so to run on all standard hardware platforms with stringent data security, privacy levels and easy recovery in case of system failure. KAU-Health provides a combination of benefits for streamlined operations, enhanced administration and control, improved response to patient care, cost control, and increased profitability. As every hospital is unique in

terms of requirements and priorities, KAU-Health flexibility and interoperability is essential to support easy customization. KAU-Health consists of several health centers/clusters depending on a centralized system architecture specifically designed for hospitals as seeing in Figure 2. As each hospital actually aims to improve its health care system, a number of services support all participants involved in the healthcare system including insurers and insured patients to support their ultimate and smooth integration.

Figure 2 depicts the different types of settings and services where the health system clusters interact. For security reasons, this information is saved within the Ministry of Health database center where all common health care services are stored for future system expansion, application and use in all Jeddah Hospitals. These services are:

- *Medical records:* Patients' medical records are stored in a single storage building for patients' history to be available and accessible by the entire health system users, allowing improved patient care from any hospital regardless the insurance company.
- *Emergency 998:* The system is connected to the state emergency system in order to facilitate firefighters and ambulance corps coordination with other health centers and hospitals so to improve the general emergency health care.

- *Organ Donation Bank:* an organ donation bank details administration center is common and available by the hospital to other health centers and hospitals in order to streamline and optimize organ transplants in Jeddah as well as the overall national health system.
- *Test and Analysis Laboratory:* A complete register of all tests and laboratory tests and results analysis operates for the health centers and hospitals following a national index so to make such information available to all hospitals. This is due to the consultation supported by medical evidence and tests results so to reduce the waiting lists by supporting other hospitals and primary care centers to perform suggested tests if not available in the current location.
- *Pharmacies:* Electronic prescriptions are available so to facilitate patients' drugs prescription and acquisition from pharmacies, which are officially registered in the health care system.
- *Emergencies:* KAU-Health establishes a warning center providing the necessary data clusters to the Ministry of Communications and Information; alerts are issued to both the population and staff when support is needed just before an emergency situation.

Insurers Servers: This functionality facilitates communication between the Ministry of Health and insurance companies, which support and cover citizens.

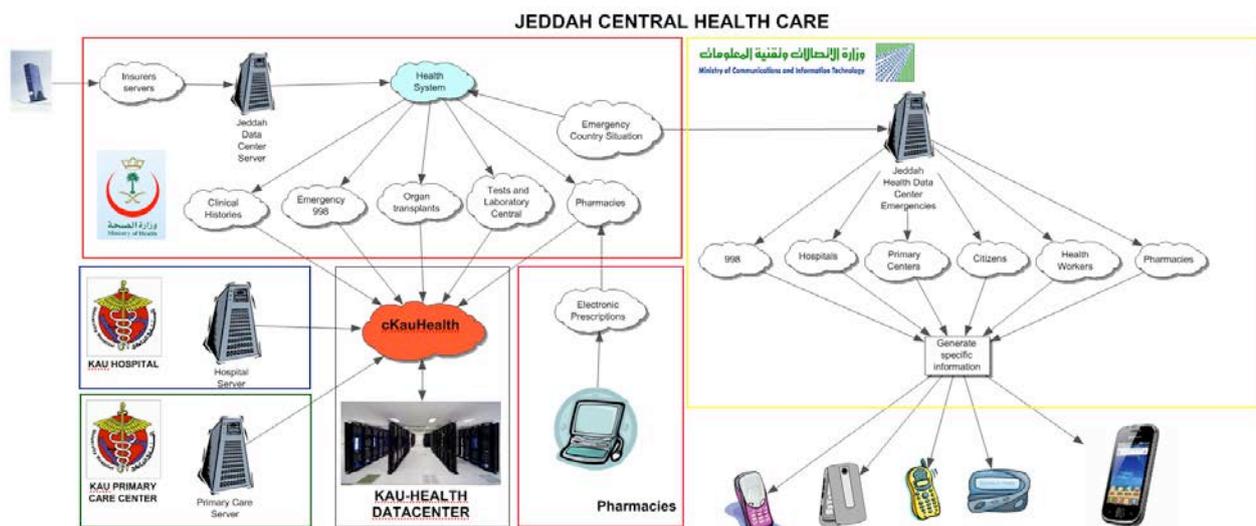


Figure 2. Jeddah KAU-Health Care System

4. KAU-HEALTH DEVELOPMENT

4.1 Applying Cloud Computing

The KAU Health system, at this moment includes the KAU hospital and several primary care centers connected to it, but the design of the cloud is made to support future inclusion of more hospitals and health centers. This cloud covers all services and hospital management to allow a single management system in the cloud, in order to cut costs and centralize all information, without reducing the performance of applications due to the high number of users, both in the information that should be saved, as in the

number of simultaneous connections to this information and way of processing it.

Figure 3. Shows how we structured the communication of the cloud entering a space before the KAU Health system, by this, we ensure that the data and the communication with the outside of the system, has a security layer, leaving this service composition as a cache, where we work with the data to suit our applications and create independency between the layers by structuring the system in layers. Services within KAU Health are offered in a single cloud, and all information is managed by a relational database in the cloud, accessing either from the hospital, from primary care centers and from mobile devices where the patients/doctors can be

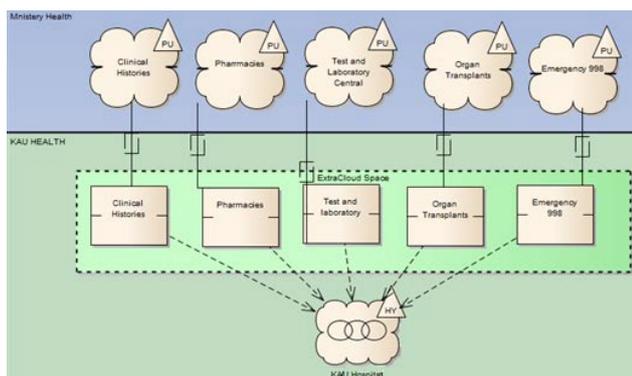


Figure 3. Jeddah health care Secure Cloud Architecture

connected, it is therefore a hybrid cloud which will draw on data from the state hospital system and health system of KAU Hospital. Thus the configuration and architecture of the KAU Health Cloud, will allow dynamic and flexible system that will also allow incorporating new services that the hospital needs these new clouds increase these services depending on the growth that the hospital may have.

The current services offered by the cloud, for now, work using Web Services to allow queries from different users, since it is an interoperable cloud with Web Services we favor and increase the security of use of these services, thus only through these Web Services users will be able to connect after logging into the system, the internal architecture of the cloud is shown in figure 4.

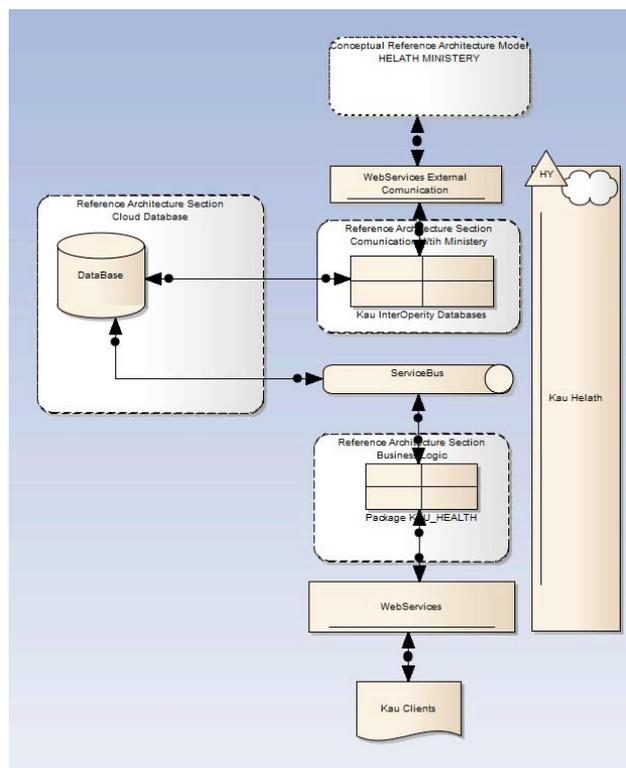


Figure 4. KAU Health Care Internal Cloud Architecture

The relational database presented in Figure 4., shares information with customers of the KAU and external entities in this case with the Ministry of Health. In the first case, this communication is

done via Web Services operations that perform sending and receiving customers then collect these parameters in the Package Kau_Health that performs business logic and access to them. In the second case it is a package of interoperability between the KAU databases and the Ministry database, to guarantee the data migrations and the adequacy of our data, to be sent in addition to preventing access to external information systems to our cloud relational database system, adding a layer of security.

The internal operations are those performed within the KAU hospital system, and the external ones are those that come from health care centers. In this case the architecture, become flexible and can accommodate the growth of KAU Hospital and the new needs that may arise.

5. CONCLUSIONES AND FUTURE WORK

This work presents the creation of an e-Health system, for Jeddah city, where first, it is being constructed for the Hospital of King Abdulaziz University. The system makes use of several ICT services, such as the Cloud Computing, which leads our mobile system, for Jeddah health care, to have many improvements, over other mobile health care applications. The system, takes into account the entire user of the system: Doctors, Patients, Nurses, Laboratories, Pharmacists, Administrators, etc. In the other hand, the used icons within the application ensure its easy use and understand from the users' side. The system architecture was developed in a way to admit the incorporation of more departments and hospitals to it. Thus, it will be connected to a huge data base in which the offered services are stored and presented by means of clouds services which make easy: the add, delete or modification of any of these services. The first step, to be done, is the application of the system, to one of the departments within the King Abdulaziz University Hospital, to deploy it and improve it. Once it is done, we will study the real needs of the hospitals in Arabia Saudi, and specifically in Jeddah, to see how this system will offer the help for far rural villages.

6. REFERENCES

- [1] Maria Lluh. 2011. Healthcare professionals' organisational barriers to health information technologies—A literature review. *International Journal of Medical Informatics* Volume 80, Issue 12, December 2011, 849–862.
- [2] Samir Chatterjee, Alan Price. 2009. Healthy Living with Persuasive Technologies: Framework, Issues, and Challenges. *Journal of the American Medical Informatics Association*. Volume 16, Issue 2, March–April 2009, 171–178.
- [3] Ministry of Health. Five year program to transform healthcare delivery in Saudi Arabia. http://www.himss.org/content/files/MiddleEast10_presentations/CS1_MohammedAlYemeni.pdf
- [4] Connie V. Chan, David R. Kaufman. 2009. A technology selection framework for supporting delivery of patient-oriented health interventions in developing countries. *Journal of Biomedical Informatics*. Volume 43, Issue 2, April 2010, 300–306.
- [5] Xiaohui Lianga, Mrinmoy Baruaa, Rongxing Lua, Xiaodong Linb, Xuemin (Sherman) Shena. 2009. HealthShare: Achieving secure and privacy-preserving health information sharing through health social networks. *Computer Communication*. Available online 20 January 2012.

- [6] Panos Constantinides, Michael Barrett. 2005. Negotiating ICT development and use: The case of a telemedicine system in the healthcare region of Crete. *Information and Organization*. Volume 16, Issue 1, January 2006, 27–55.
- [7] Josep Que, Victor Hurtado, et al. 2010. The rise of Saudi Arabian telecoms: Unrivalled promise and opportunity in a vibrant market. http://www.deltapartnersgroup.com/asset/download/431/The_rise_of_Saudi_Arabian_telecoms_Final3.pdf
- [8] Hai Dong , Farookh Khadeer Hussain. 2010. Semantic service matchmaking for Digital Health Ecosystems. *Knowledge-Based Systems*. Volume 24, Issue 6, August 2011, 761–774.
- [9] Predrag Klasnja, Wanda Pratt. 2012. Healthcare in the pocket: Mapping the space of mobile-phone health interventions. *Journal of Biomedical Informatics*, Volume 45, Issue 1, February 2012, 184-198.
- [10] WHO, <http://www.who.int/en/>
- [11] U.S. Census Bureau. 2012. <http://www.census.gov/population/international/>
- [12] Care Logistics Hospital. <http://www.carelogistics.com>

Hacia una Interfaz Unificada en el Ámbito de las Tecnologías Asistenciales

José Alberto Fuentes
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
02071-Albacete, Spain
josealberto.fuentes@
alu.uclm.es

Miguel Oliver
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
02071-Albacete, Spain
miguel.oliver@uclm.es

Antonio
Fernández-Caballero
Universidad de Castilla-La
Mancha, Departamento de
Sistemas Informáticos
02071-Albacete, Spain
antonio.fdez@uclm.es

ABSTRACT

En el campo de las tecnologías asistenciales hay soluciones para distintos tipos de discapacidad. Cada solución ha optado por tecnologías específicas y como consecuencia, incompatibles entre sí. Recientemente, han aparecido nuevos periféricos que han aunado en un único dispositivo varias tecnologías propias del ámbito asistencial. Este trabajo muestra cómo estos nuevos dispositivos pueden sustituir a un conjunto de tecnologías asistenciales caracterizadas por ser heterogéneas y cómo pueden cubrir varias áreas en el campo de la interacción persona-ordenador (HCI). Se ven también las características más notorias de estos sensores y se presenta un experimento equivalente a dos soluciones mencionadas mostrando los resultados obtenidos a través de una serie de pruebas.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]:
User Interfaces—*evaluation/methodology, input devices and strategies, interaction styles*

General Terms

Experimentation

Keywords

Tecnologías asistenciales, sensores de movimiento, interacción persona-ordenador, interfaces multimodales

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de las tecnologías asistenciales hay muchas soluciones para cubrir diferentes tipos de discapacidad [1]. Estas tecnologías han evolucionado para adaptarse a las necesidades de los usuarios. Cada solución ha optado por un conjunto de características técnicas muy concretas propias del ámbito asistencial que abordan y como consecuencia, incompatibles entre sí. En el ámbito de la HCI, han aparecido también muchas soluciones no menos heterogéneas



Figure 1: Asus Xtion Pro Live y Microsoft Kinect.

a pesar de perseguir todas ellas el mismo objetivo, el uso del ordenador a través de métodos alternativos al teclado y al ratón. Estos sistemas han contribuido a mejorar la experiencia usuario-máquina, proporcionando nuevas formas de interacción pero también han dado lugar a un mercado muy heterogéneo en el campo de las tecnologías asistenciales. Recientemente, han aparecido nuevos periféricos inicialmente destinados a la electrónica de entretenimiento, que han aunado en un único dispositivo varias tecnologías propias del ámbito asistencial. Estos dispositivos son comúnmente conocidos como sensores de movimiento, mientras que en ámbito de la investigación se les llama sensores RGB-D. La Figura 1 muestra los dispositivos ASUS Xtion Pro Live y Microsoft Kinect.

2. VISIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS ASISTENCIALES

En los últimos años, las tecnologías asistenciales se han desarrollado y han evolucionado para satisfacer las necesidades de personas discapacitadas. Estas soluciones cubren multitud de escenarios de interacción diferentes. Personas con movilidad reducida o incluso incapacitadas para mover cualquier parte de su cuerpo, han mejorado su calidad de vida gracias a estas tecnologías. La gran mayoría de estos nuevos sistemas necesitan de periféricos hardware específicos para que el usuario pueda interactuar con el sistema. Estos dispositivos se han caracterizado por ser pequeños aparatos electrónicos que el usuario ha de mantener adheridos a su cuerpo, véase gafas especiales o sensores de movimiento. Esta sección recoge algunas soluciones y trabajos relacionados con varios ámbitos de discapacidad. Se habla de un producto para personas que tienen una movilidad reducida, las bondades y desventajas de la interacción por voz así como otras investigaciones en este sentido y por último se habla de un proyecto para interactuar con el sistema usando el movimiento de los ojos y de otros trabajos relacionados en este ámbito. El objetivo es comparar después cómo un único dispositivo puede cubrir muchos de los aspectos operacionales de las tecnologías comentadas.

2.1 Interacción gestual usando un periférico

Esta solución está destinada a personas que sufren discapacidad severa en el ámbito de la movilidad. La solución tratada consiste en un dispositivo que el usuario tiene que colocar en su cabeza con una cinta. El software que acompaña a este hardware permite al usuario interactuar con el sistema únicamente con su cabeza. Se simula la entrada de datos al ordenador como si se fuera un teclado y un ratón. De esta manera el sistema permite la interacción con el ordenador a personas con problemas de movilidad en sus extremidades superiores. Este producto ha sido desarrollado junto a voluntarios de varias patologías, como la cuadriplejía o la parálisis cerebral, para desarrollar el sistema que mejor se adapte a ellos [2].

2.2 Interacción mediante el habla

La tecnología de reconocimiento de voz no es nueva [3], en los años 90 existían soluciones comerciales que permitían la interacción mediante la voz. A pesar del aparente éxito de estas tecnologías, no hay muchas personas que hoy en día usen esta tecnología fuera del ámbito asistencial. El principal motivo de la poca aceptación es la nula privacidad del usuario. De manera general, un usuario que esté utilizando el sistema no desea que nadie sepa lo que está haciendo. En el campo de la discapacidad, esta tecnología puede ser muy útil para personas con un alto grado de discapacidad. El usuario se comunica con el sistema usando comandos de voz. Navegar por internet, dictar texto o interactuar con ciertos programas son algunas de las acciones que se pueden hacer. Investigaciones recientes apuestan por esta tecnología para facilitar la interacción entre personas ciegas y el sistema como la propuesta en [4].

2.3 Interacción con el movimiento del ojo

En los últimos años se han desarrollado diversas soluciones para este tipo de interacción [5]. En muchos casos se hacía necesaria el uso de unas gafas o cascos especialmente diseñados para este tipo de discapacidad, especialmente severa pues se supone que el usuario no tiene apenas movilidad y tampoco puede interactuar mediante la voz. Algunas soluciones han optado por cámaras web, junto con el procesamiento digital de imágenes para determinar la posición del iris. La última propuesta en este campo ha sido el proyecto eyeCan [6], un proyecto de Samsung, que permite simular el movimiento del ratón mediante el movimiento del ojo del usuario. Para esto Samsung ha diseñado un pequeño dispositivo, que se coloca en las gafas del usuario y que permite interpretar los movimientos del ojo y equipararlo con los movimientos del ratón.

3. LOS SENSORES DE MOVIMIENTO EN UN ENTORNO MULTIMODAL

Las tres soluciones discutidas anteriormente incluyen varias formas de interacción y usan dispositivos muy dispares para lograr su objetivo. Todas estas soluciones pueden ser sustituidas por un sensor como los comentados en la introducción. En esta sección se recogen las características más destacables de dichos sensores y cómo pueden cubrir las tecnologías vistas en el apartado anterior. Todos los sensores RGB-D que hay actualmente en el mercado son similares y comparten un conjunto de características. Estos sensores se han popularizado en los últimos años gracias a las videoconsolas. El primer sistema que incorporó un sensor de movimiento fue Nintendo Wii en 2006 y desde entonces

muchas propuestas se han hecho con este dispositivo como la descrita en [8], pero la revolución en el campo de los sensores de movimiento llegó con Microsoft Xbox 360. Microsoft presentó Kinect en 2010 y poco después otros productos similares llegaron al mercado, véase Asus Xtion o Softkinetic DepthSense. Kinect permitía interactuar con la plataforma sin usar dispositivos adicionales. El usuario sólo necesitaba su cuerpo para utilizar la videoconsola. Las características que se detallan a continuación están presentes en la mayoría de los sensores de movimiento que hay en el mercado hoy en día. Estas características son la cámara RGB, la cámara de profundidad, el sistema de audio y finalmente el coste.

3.1 Cámara RGB

Las webcams son especialmente útiles en el ámbito asistencial. Éstas suelen incorporar un micrófono para realizar videoconferencias. Gracias a potentes algoritmos de visión artificial, las webcams han permitido realizar tareas relacionadas con la detección de patrones en imágenes. Así se ha podido detectar el movimiento de brazos, ojos o la cabeza. El usuario ha podido interactuar con el sistema utilizando diferentes partes del cuerpo. También ha sido posible gracias a distintos algoritmos de reconocimiento facial, detectar expresiones y gestos que han sido interpretados por el sistema para determinar el estado del usuario. El reconocimiento facial se ha utilizado en multitud de soluciones en el ámbito de las tecnologías asistenciales. Algunos algoritmos de reconocimiento facial se comentan en [7] y [9]. Los sensores RGB-D proporcionan mecanismos para este propósito y lo hacen de manera nativa [10]. El hardware del sensor proporciona los medios necesarios para facilitar el reconocimiento facial. Las webcams convencionales no ofrecen estas características y las que lo hacen son considerablemente más caras. Estos sensores de movimiento también pueden funcionar como webcam y pueden por lo tanto sustituir a las webcams convencionales.

3.2 Cámara de profundidad

Este elemento es uno de los más importantes de los sensores RGB-D porque es el principal responsable del seguimiento del esqueleto. El sensor de profundidad, formado por un proyector láser de infrarrojos y un sensor CMOS, captura vídeo en cualquier condición de luz ambiental. El software de Kinect es capaz de calibrar automáticamente el dispositivo basado en el medio ambiente y el medio físico del usuario, con capacidad para detectar mobiliario u otros obstáculos. En Kinect, la cámara de profundidad junto con la cámara RGB, proporcionan 20 puntos en el esqueleto del usuario. Estos puntos pueden ser tratados individualmente. Así, el desarrollador puede capturar el movimiento de un punto concreto y asociarlo a un evento como el movimiento del cursor del ratón. Otro aspecto destacable es que el software detecta por lo general más de una persona. Kinect en concreto permite la supervisión de dos usuarios a la vez. Las cámaras convencionales no ofrecen este tipo de características. La reconstrucción de entornos 3D es otra tarea que se hace generalmente con cámaras tradicionales [11]. La cámara de profundidad puede ayudar significativamente en esta tarea.

3.3 Micrófonos direccionales

Algunos de los problemas a los que se ha enfrentado esta tecnología han sido la existencia de palabras homófonas, la disparidad entre los oradores y los ambientes muy ruidosos.

Los dispositivos como Kinect han superado algunos de estos problemas. Este dispositivo en concreto puede identificar las voces y reducir el ruido en ambientes inadecuados. Los micrófonos convencionales o webcams con micrófono se han utilizado para soluciones relacionadas con el habla. Estos micrófonos han cubierto las necesidades de los usuarios, pero también se han encontrado problemas relacionados con la mala calidad de sonido en ciertos ambientes. Los sensores descritos aquí, incluyen un conjunto de micrófonos para la aplicación del reconocimiento de voz. La inclusión de micrófonos en estos dispositivos es muy importante y demuestra la intención de sustituir a corto plazo a las webcams tradicionales.

3.4 Dispositivos de bajo coste

Uno de los principales aspectos de estos dispositivos es su bajo coste. En el campo de las tecnologías asistenciales, es muy importante contar con dispositivos capaces de cubrir una amplia gama de discapacidades a un precio reducido. Kinect cuesta en el momento de la realización de este trabajo, aproximadamente 149 €(versión Xbox 360) mientras que la versión para PC cuesta unos 190 €. Por otra parte, los sensores de Asus, Asus Xtion Pro y Asus Xtion Pro Live, cuestan alrededor de 114 y 149 €. Finalmente, el sensor Softkinetic DS311 tiene un precio de \$499. Por otra parte, el otro dispositivo comercial que hemos utilizado en este trabajo para realizar el experimento tiene un precio aproximado de 280 €.

4. INTERACCIÓN CON EL SISTEMA POR EL MOVIMIENTO DE LA CABEZA USANDO KINECT

Este experimento pretende mostrar la eficacia de un sensor RGB-D en el campo de las tecnologías de asistencia. Se muestra cómo Kinect puede sustituir a dos tecnologías asistenciales comentadas antes. Por un lado se ve cómo reemplazar el dispositivo para interactuar con la cabeza y por otra parte, se utiliza la voz para realizar un conjunto de acciones asociadas a la interacción. Para la comparativa se utiliza un dispositivo llamado enPathia [2]. El principal problema de enPathia es que un usuario con movilidad reducida en sus extremidades superiores no puede ponerse el dispositivo en la cabeza. Este problema no ocurre con Kinect pues el usuario no necesita utilizar periféricos adicionales. Para este experimento se ha utilizado Kinect para Xbox 360 y la Beta 2 del SDK. Para mover el ratón, el usuario utiliza la cabeza. Para hacer clic con el botón izquierdo, el botón derecho y el doble clic, el usuario debe pronunciar “izquierda”, “derecha” y “doble”. La palabra “calibrar” sirve para que el sensor se calibre verticalmente en función de cómo esté situado el usuario frente a éste. Con cuatro palabras y el movimiento de la cabeza el usuario puede hacer multitud de acciones. Las Figuras 2 y 3 muestran el mismo ejemplo con enPathia y Kinect respectivamente. Para las pruebas se toma como referencia el TR ISO/IEC 9126-4 [12] para evaluar la calidad en uso, la eficacia y la eficiencia. Se utiliza el sistema SUS [13] para evaluar la satisfacción del usuario. En la prueba participan ocho usuarios [12], aunque otras referencias como [14] indiquen que bastaría con al menos cinco para poder identificar el 80% de los problemas relacionados con la usabilidad. El grupo de usuario está formado por personas de distintas edades y sexos, que no disponen de conocimientos previos



Figure 2: Interacción con enPathia.



Figure 3: Interacción con Microsoft Kinect.

del funcionamiento de los sistemas que se usan en el experimento. Cada participante tiene que completar tres tareas con una dificultad incremental y con un objetivo específico. A continuación se describen las tareas realizadas.

1. Mover el cursor a los vértices de la pantalla. Objetivo: determinar la facilidad y rango de movimiento del cursor.
2. Colocar el cursor sobre cuatro puntos específicos de la pantalla. Objetivo: determinar la precisión del movimiento.
3. Colocar el cursor sobre dos lugares específicos de la pantalla y emular la pulsación de los botones del ratón. Objetivo: funcionalidad de los comandos de voz.

La Tabla 1 muestra el tiempo que cada usuario necesitó para completar cada tarea con éxito. Los resultados se muestran en segundos. Las Tablas 2 y 3 recogen los resultados de los test SUS. Con estos datos se puede decir que enPathia tiene un nivel de satisfacción de casi el 85% pero Kinect es mejor en este aspecto. También se puede concluir que los datos recogidos muestran que algunos usuarios han preferido el sistema enPathia pero estos usuarios son los menos. Por último, los usuarios han percibido una gran satisfacción con la solución para Kinect con un valor superior al 87%.

ID	Eneso enPathia			Microsoft Kinect		
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
1	17.335	32.553	29.951	18.122	38.051	40.009
2	19.619	28.073	25.051	18.555	34.842	29.760
3	48.050	54.914	56.682	51.479	57.245	59.860
4	30.220	36.680	30.723	29.888	34.120	32.075
5	17.912	20.519	37.180	17.912	20.519	37.180
6	19.614	37.638	50.252	29.515	43.371	45.274
7	24.028	41.544	32.229	25.250	45.464	35.910
8	35.011	47.981	39.650	34.001	51.087	35.859
MED	26.474	37.488	37.715	28.090	40.587	39.491

Table 1: Resultados de los tests (en segundos)

5. CONCLUSIONES

Tras la comparación de las dos tecnologías, se puede concluir que Kinect es una buena alternativa a algunos sistemas ya desarrollados en el ámbito asistencial. Comparado con enPathia, Kinect ha obtenido unos tiempos bastante similares. La satisfacción subjetiva del usuario ha sido mayor con Kinect, lo que indica que el usuario prefiere el uso de éste al uso de enPathia. Por otro lado, el precio

ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Imp	Par	Sum	Total
1	2	1	5	2	5	1	5	1	4	2	16	18	34	85
2	4	1	5	1	5	1	4	1	5	1	18	20	38	95
3	2	2	4	2	4	1	5	1	5	2	15	17	32	80
4	4	1	5	1	5	1	4	1	5	2	18	19	37	92,5
5	3	1	4	2	4	1	5	1	4	2	15	18	33	82,5
6	2	1	5	1	5	2	3	1	5	1	15	19	34	85
7	4	2	4	3	5	1	3	2	4	2	15	15	30	75
8	4	1	4	2	4	1	4	1	4	2	15	18	33	82,5
MED	3,125	1,25	4,5	1,75	4,625	1,125	4,125	1,125	4,5	1,75	-	-	-	84,688
MAX	4	2	5	3	5	2	5	2	5	2	-	-	-	95
MIN	2	1	4	1	4	1	3	1	4	1	-	-	-	75

Table 2: Prueba SUS enPathia.

ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Imp	Par	Sum	Total
1	5	1	4	1	5	1	4	1	5	2	18	19	37	92,5
2	4	1	5	2	5	2	5	2	4	1	18	17	35	87,5
3	4	1	5	1	5	1	4	1	5	2	18	19	37	92,5
4	2	2	5	3	4	2	4	1	5	1	15	16	31	77,5
5	4	1	3	1	4	1	5	1	4	2	15	19	34	85
6	5	1	5	1	4	1	4	2	5	2	18	18	36	90
7	4	2	4	2	5	2	4	1	4	2	16	16	32	80
8	5	1	5	1	4	1	5	3	5	1	19	18	37	92,5
MED	4,125	1,25	4,5	1,5	4,5	1,375	4,375	1,5	4,625	1,625	-	-	-	87,186
MAX	5	2	5	3	5	2	5	3	5	2	-	-	-	92,5
MIN	2	1	3	1	4	1	4	1	4	1	-	-	-	77,5

Table 3: Prueba SUS Kinect.

de Kinect es el menor de entre los dos. Se puede afirmar por tanto que el prototipo puede cubrir las necesidades de los usuarios que utilizan enPathia. Destacar también que las tecnologías asistenciales son un mercado cada vez más presente en nuestras vidas, ya que es un mercado cada vez más grande que cubre un mayor número de discapacidades. El desarrollo de nuevo hardware en este ámbito hace suponer que la expansión tecnológica en este campo va a ser cada vez mayor. La apuesta de empresas como Microsoft, Asus o Sony SoftKinetic refuerza más la esperanza de expansión de las tecnologías de asistencia. También hay que destacar que el uso de estos sistemas está cada vez más presente en otras áreas como la de la salud o la del turismo. El avance de la tecnología hará que estos sistemas sean cada vez mejores y con más prestaciones, proporcionando una mayor precisión y satisfacción a precios más bajos.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Economía y Competitividad / FEDER bajo el proyecto TIN2010-20845-C03-01.

7. REFERENCES

- [1] C. Doukas, V. Metsis, E. Becker, Z. Le, F. Makedon, I. Maglogiannis (2011). Digital cities of the future: extending home assistive technologies for the elderly and the disabled. *Telematics and Informatics* 28(3) 176-190.
- [2] EnPathia. Eneso Tecnología de Adaptación S.L. <http://www.eneso.es/enpathia-p-1.html>.
- [3] L. Rabiner, B. Juang (1993). *Fundamentals of Speech Recognition*. Volume: 103, Issue: 58, Publisher: Prentice Hall, Pages: 507, Prentice Hall.
- [4] M. Lim, E. Jung, K. Lee (2011). e-Test System Based Speech Recognition for Blind Users. *Multimedia, Computer Graphics and Broadcasting, Communications in Computer and Information Science*, 2011, Volume 263, 284-289, Springer Link.
- [5] R. J. K. Jacob (1995). Eye Tracking in Advanced Interface Design. In *Virtual Environments and Advanced Interface Design*, ed. by W. Barfield and T.A. Furness, pp. 258-288, Oxford University Press.
- [6] Project EyeCan (2012). <http://eyecanproject.wordpress.com/english/>.
- [7] P. M. Corcoran, C. Iancu (2011). Automatic Face Recognition System for Hidden Markov Model Techniques. College of Engineering and Informatics, National University of Ireland Galway, Ireland.
- [8] M. Oliver (2011). Proyecto WiiMout, un único dispositivo y múltiples posibilidades interactivas [Manuscrito], Trabajo Fin de Grado, Universidad de Castilla - La Mancha.
- [9] D. Arumugam, S. Purushothaman (2011). Emotion Classification Using Facial Expression. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No. 7, 2011.
- [10] Microsoft Corporation (2012). Microsoft Kinect for Windows SDK - V1.0 Release notes. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/release-notes.aspx>
- [11] P. Henry, M. Krainin, E. Herbst, X. Ren, D. Fox (2010). RGB-D Mapping: Using Depth Cameras for Dense 3D Modeling of Indoor Environments. University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA. Intel Labs Seattle, Seattle, WA.
- [12] International Organization for Standardization. ISO (2004). ISO/IEC TR 9126-4:2004.
- [13] J. Brooke (1986). SUS: a "quick and dirty" usability scale. P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [14] J. Nielsen (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>

Sistemas Colaborativos

Un marco para el diseño del soporte al *awareness* en situaciones colaborativas de interacción implícita

Jesús Gallardo

Universidad de Zaragoza
Ciudad Escolar, s/n
44003 Teruel
+34 978 645 387

jesus.gallardo@unizar.es

Ana Isabel Molina

Universidad de Castilla-La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
+34 926 295 300

anaisabel.molina@uclm.es

Crescencio Bravo

Universidad de Castilla-La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
+34 926 295 300

crescencio.bravo@uclm.es

ABSTRACT

La aplicación del paradigma de la Inteligencia Ambiental (AmI) implica el empleo de nuevos estilos de interacción persona-ordenador, así como la necesidad de soportar actividades de naturaleza colaborativa. En estos contextos se emplea el concepto de *interacción implícita* para hacer referencia a aquellas acciones que un computador trata como entradas sin que el usuario lo haya indicado así de manera consciente. Para dar soporte computacional a escenarios AmI, los conceptos clásicos relacionados con la interacción no son suficientes, por ejemplo, a la hora de dar soporte al *awareness* o consciencia de grupo. Así, en este artículo se propone un marco de referencia para el diseño del soporte al *awareness* en aplicaciones AmI colaborativas. Dicho marco parte de los trabajos previos de Gutwin y Greenberg en el campo de la interacción explícita, y pretende ser una guía de diseño de dicho soporte al *awareness* en ambientes de interacción implícita. Además, este trabajo pone las bases para un futuro método de desarrollo basado en modelos de sistemas AmI colaborativos.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]

General Terms

Diseño, Factores Humanos.

Keywords

Interacción persona-ordenador implícita; Inteligencia Ambiental; Soporte al *awareness* en sistemas colaborativos; Desarrollo dirigido por modelos.

1. INTRODUCCIÓN

El campo de la *Inteligencia Ambiental* (AmI) [23] lleva ya unos años proponiendo un nuevo paradigma de computación para la vida diaria. El principal objetivo de la Inteligencia Ambiental es adaptar inteligentemente el comportamiento de un entorno sensible al contexto a nuestras preferencias y hábitos, de tal forma que se mejore nuestra vida diaria [14].

Este paradigma propone nuevos escenarios en los que son

necesarios dispositivos novedosos y el empleo de nuevos estilos de interacción. La interacción, en dichos escenarios, permite capturar información del ambiente, proporcionar notificaciones, atender solicitudes de servicios del usuario, etc. En este tipo de entornos se amplía el concepto clásico de interacción, tal y como lo entendemos en el campo de la Interacción Persona-Ordenador (*Human-Computer Interaction*, HCI), proponiéndose la diferenciación entre las llamadas interacción explícita e interacción implícita [24]. Entendemos por *interacción explícita* a la interacción clásica que tiene lugar entre los usuarios y las máquinas que les proporcionan servicios, mientras que el concepto de *interacción implícita* englobaría aquellas acciones llevadas a cabo por los usuarios que el sistema, de manera proactiva, captura e interpreta como entradas sin que los usuarios lo indiquen de manera explícita.

Hasta el momento nuestro interés de investigación se había centrado en el campo de los sistemas colaborativos o *groupware*, y en el desarrollo basado en modelos de este tipo de sistemas, abarcando, como parte del mismo, el desarrollo de su interfaz gráfica de usuario (*Model Based User Interface Design* o MBUID) [18]. Así, hemos estudiado y tratado el concepto de *awareness*, definido como la percepción de la actividad desarrollada por el resto de miembros del grupo de trabajo [5]. De esta forma, hemos desarrollado una conceptualización de los elementos de *awareness* en sistemas colaborativos y, en particular, en sistemas de modelado colaborativo [9]. Ahora bien, nuestro interés ha estado siempre centrado en aspectos de interacción explícita, ya que tratábamos con sistemas en los cuales el usuario, de manera consciente, proporciona entradas a los sistemas informáticos.

Tomando como punto de partida nuestros anteriores trabajos en las áreas del modelado de sistemas colaborativos y el soporte al *awareness*, nos hemos propuesto desarrollar un método para el desarrollo de sistemas AmI colaborativos que contemple la inclusión del soporte al *awareness* en situaciones de interacción implícita. Este soporte no suele estar formalizado de la misma forma que lo está el de las situaciones clásicas de computación tradicional e interacción explícita. Es por eso por lo que el primer componente del método que se pretende desarrollar es un marco de referencia para el diseño de mecanismos de *awareness* en contextos en los que tienen lugar interacciones tanto de naturaleza explícita como implícita, que es lo que se describe en este artículo. Este marco está pensado para servir como guía a aquellos diseñadores de sistemas colaborativos que deseen incluir elementos de *awareness* en sus sistemas, tanto si estos manejan un estilo de interacción explícita como implícita, ya que considera ambas posibilidades. Además, el marco servirá de punto de

partida para, en etapas posteriores, proponer notaciones y modelos que permitan especificar y diseñar ambos tipos de interacción en escenarios AmI colaborativos. El marco propuesto está basado en el *framework* de *awareness* propuesto por Gutwin y Greenberg [12], que es uno de los más utilizados a la hora de evaluar el soporte al *awareness* de grupo en aplicaciones de interacción explícita.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: La Sección 2 refleja el estado de la cuestión en los campos de desarrollo dirigido por modelos de interfaces de usuario en sistemas colaborativos, modelado del contexto en ambientes de Inteligencia Ambiental y soporte al *awareness* en sistemas colaborativos. A continuación, la Sección 3 incluye nuestra propuesta de un marco para el diseño del *awareness* en ambientes de interacción tanto explícita como implícita. Finalmente, la Sección 4 trata acerca de las conclusiones obtenidas durante el trabajo realizado y las líneas de trabajo futuro que se plantean a continuación.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 Desarrollo dirigido por modelos: CSCW y GUI

Una de las principales ventajas que aportan los procesos de desarrollo basado en modelos es la independencia del dispositivo y plataforma sobre la que finalmente se ejecutará la aplicación. De hecho, el enfoque por excelencia para el desarrollo sistemático de interfaces de usuario multicontextuales es el enfoque basado en modelos [16]. Se habla así del desarrollo de las llamadas *interfaces de usuario plásticas* [2, 22]. Otros autores hacen referencia a este mismo concepto con el término *interfaces de usuario nómadas* [19]. El empleo de este tipo de interfaces (capaces de adaptarse a cambios en el contexto de uso) es especialmente útil en escenarios AmI, en los que la misma información puede ser visualizada y accedida desde distintos dispositivos en distintos momentos.

La mayor parte de propuestas MBUID se basan en el uso de *modelos de tareas*. Entre las notaciones existentes para la creación de estos modelos destaca la notación *ConcurTaskTrees* (CTT) [21], que se considera un estándar de facto en la comunidad HCI. Por otro lado, hay numerosas propuestas para el modelado de sistemas *groupware*. La misma propuesta CTT soporta el modelado de procesos cooperativos [20]. Una revisión más detallada de propuestas para el modelado de sistemas de trabajo en grupo puede consultarse en [17]. Además, en nuestro grupo de investigación hemos desarrollado el enfoque metodológico CIAM [18]. Esta propuesta soporta el modelado conjunto de aspectos de trabajo en grupo e interacción persona-ordenador, permitiendo la integración con notaciones como CTT y con procesos de generación automática de interfaces que tomen como notación de partida dicha notación.

Así, podemos concluir que la investigación existente en el campo del desarrollo dirigido por modelos de interfaces de usuario puede aprovecharse para los campos de AmI e interacción implícita, si bien estas aproximaciones no tienen en cuenta estos paradigmas y tratan con los paradigmas clásicos de interacción persona-ordenador explícita.

2.2 Modelado del contexto en arquitecturas AmI

El modelado del contexto surge como un aspecto fundamental a considerar cuando se está trabajando sobre el campo de AmI. El

contexto es un concepto con diferentes definiciones según el ámbito en el cual se esté trabajando. Una definición bastante aceptada es la que dice que el contexto es “*cualquier información que puede ser caracterizada para definir una situación de una entidad*”, siendo una entidad “*una persona, lugar u objeto considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación*.” [4].

La necesidad de modelar el contexto plantea una serie de retos a la hora de decidir qué elementos concretos considerar y de qué manera representarlos. Algún autor ha planteado que inicialmente deben considerarse las cinco *Ws* [1] que se han utilizado en campos muy diversos y que en el ámbito que nos ocupa tienen su reflejo en trabajos como el *framework de Zachmann* [25] o el ya mencionado *framework de awareness* de Gutwin y Greenberg, sobre el que volveremos más adelante [12]. A partir de ese planteamiento inicial, existen numerosas aproximaciones de arquitecturas y modelos para dar soporte al modelado del contexto, cada una con sus propios puntos fuertes y débiles. A continuación mencionaremos algunas de ellas.

La propuesta CoBrA [3] define una arquitectura centralizada que da soporte a agentes, lugares y eventos en un ambiente inteligente. Es centralizada porque se basa en la presencia de un elemento llamado *Context Broker* que mantiene el modelo de contexto que comparten el resto de elementos del entorno. Esta propuesta incluye el uso de una ontología que contiene una serie de conceptos relacionados con el *lugar*, otros con el *broker*, otros con el contexto de la *localización* del agente y otros con el contexto de la *actividad* del agente. Estos dos últimos grupos podrían asociarse al *Quién* y al *Qué* dentro de la división de las cinco *Ws* antes mencionadas.

Por otro lado, COIVA [13] es otro ejemplo de arquitectura para un tipo de entorno sensible al contexto. Está centrada en visualización de información en ambientes inteligentes, y trata de modelar el contexto mediante una ontología denominada PIVOn, que incluye vistas relativas al *usuario*, el *entorno*, el *servicio*, el *dispositivo* y la *visualización*.

De este modo, se observa cómo las diferentes propuestas que tienen en cuenta el modelado del contexto dentro del trabajo con ambientes inteligentes consideran cada una su propia conceptualización de los elementos que deben considerarse en el contexto correspondiente. En este trabajo tendremos en cuenta estas aproximaciones para desarrollar nuestro propio marco de referencia, que se centrará sobre todo en los mecanismos de *awareness* en los sistemas colaborativos con interacción implícita.

2.3 Soporte al awareness en sistemas colaborativos

El concepto de *awareness* aparece como requisito imprescindible a considerar a la hora de desarrollar sistemas que soporten, de forma efectiva, la colaboración. La idea subyacente en el *awareness* es informar en cada momento a los usuarios que están colaborando de las acciones del resto de sus compañeros e incluso de cuál se espera que sea la siguiente acción a tomar por parte de los mismos. Emplear las técnicas de *awareness* permite que los usuarios dispongan de la misma información que podrían manejar en situaciones de trabajo colaborativo cara a cara, aún cuando estén trabajando en sesiones distribuidas o asincrónicas. Ejemplos de mecanismos concretos de *awareness* son el empleo de telepunteros, listas de participantes o barras *multiscroll* [11].

Las principales aportaciones teóricas en el campo del *awareness* que vamos a considerar son las realizadas por el grupo de Gutwin

y Greenberg [11, 12]. Estos autores definen cuatro tipos de *awareness*: *informal*, *social*, de *estructura de grupo* y de *espacio de trabajo*, aunque en la mayoría de sus trabajos se centran en este último, que se define como el conocimiento de las interacciones de los demás con el espacio de trabajo y sus artefactos. Si bien otros autores consideran otros tipos de *awareness*, como se puede ver en la revisión expuesta en [7]. En este sentido, el *framework* de *awareness* de espacio de trabajo que estos autores proponen en [12] es una de las pocas contribuciones existentes en la bibliografía que abordan el chequeo o verificación del soporte al *awareness* de una aplicación colaborativa síncrona. Este *framework* propone diez preguntas que deben ser contestadas para verificar si un componente o herramienta da un soporte adecuado al *awareness* del espacio de trabajo. Para ello, los autores definen una serie de subcategorías, o tipos de información de *awareness* de espacio de trabajo, que deberían proporcionarse.

Sin embargo, todas estas aportaciones teóricas se centran en proponer técnicas de diseño y evaluación del soporte al *awareness* en escenarios en los que se interacciona mediante una interfaz gráfica de usuario convencional y en los que se comparte un determinado *contexto compartido* (conjunto de objetos que son visualizados y manipulados conjuntamente por los participantes de una actividad de trabajo en grupo) [6]. En estos ambientes de interacción explícita, de los cuatro tipos de *awareness* antes comentados, el interés se centra en soportar los de estructura de grupo y de espacio de trabajo. En ambientes de interacción implícita, sin embargo, puede que cobren importancia los otros dos: el social puede ser importante porque en este tipo de situaciones es relevante conocer cómo se relacionan las personas entre ellas a lo largo de las sesiones de trabajo; y el informal comprendería la sensación de presencia tal cual, sin entrar en consideraciones de acciones realizadas por los usuarios. Posteriores trabajos de algunos de esos autores, de hecho, hacen hincapié en aspectos más informales y menos computerizados del *awareness*, como el denominado *awareness interpersonal* [10]. En general, la sensación es que se ha extendido el concepto de *awareness* para que este abarque situaciones que no tienen por qué estar ceñidas al trabajo de una persona delante de un ordenador. Sin embargo, todavía se carece de técnicas de diseño y evaluación de escenarios en los que la interacción se pueda realizar también de forma implícita y en los que se considere, no sólo el contexto compartido, sino también el *entorno compartido*.

El trabajo que se presenta en este artículo pretende abordar dicha problemática. Además, esto puede enlazar con el desarrollo dirigido por modelos antes mencionado para que ese soporte pueda generarse de manera automática en los sistemas que se desarrollen.

3. UN MARCO PARA EL DISEÑO DEL SOPORTE DE AWARENESS

Como aportación fundamental del artículo, hemos desarrollado un marco en el cual se especifican las entradas y salidas que deben considerarse tanto en ambientes de interacción explícita como en los de interacción implícita para cada una de las dimensiones que consideraban Gutwin y Greenberg para tratar el *awareness* del espacio de trabajo. De esta forma, se estaría reformulando ese marco para adaptarlo a ambos tipos de situaciones (*interacción explícita e implícita*).

Para construir el marco se han tenido en cuenta los trabajos de Gutwin y Greenberg antes mencionados [11, 12] para la vertiente de interacción explícita y fundamentalmente los trabajos comentados en el apartado 2.2 [3, 13] para la parte de interacción implícita. En concreto, la columna referida a cómo se muestra la salida en interacción explícita incluye en muchas dimensiones elementos del marco original de Gutwin y Greenberg. En este sentido, nos hemos centrado en los trabajos de esos autores aplicados a las interfaces gráficas de usuario tradicionales.

A continuación se detallará el marco, que para cada dimensión del marco original refleja qué se registra como entrada en cada tipo de interacción y en qué momento y también cuándo y cómo se muestra la información de salida para cada caso, es decir, qué información de *awareness* se proporciona y mediante qué técnicas. Hemos contemplado no sólo las preguntas del marco inicial de Gutwin y Greenberg, sino también las de la extensión del mismo, en el cual las preguntas tratan también con información histórica acerca de la actividad que se ha llevado a cabo en sesiones ya finalizadas. Las dimensiones se han agrupado por las preguntas a las que dan respuesta según las cinco *Ws* antes mencionadas, a la que se le ha añadido una sexta (*Cómo*). De esta forma, se comenzará mostrando la tabla correspondiente a las dimensiones de la pregunta *Qué* (Tabla 1), para continuar después con las tablas correspondientes a las preguntas *Cómo*, *Dónde*, *Quién*, *Cuándo* y *Por Qué*.

Tabla 1. Marco para la pregunta *Qué*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida	Entrada		Salida
		Cuándo se registra	Qué se registra	Cómo se muestra	Cuándo se registra	Cómo se registra	Cómo se muestra
Presente	Artefacto (¿Sobre qué objeto se está trabajando?)	Instante en el que se produce la manipulación de objetos	Referencia al objeto que está siendo manipulado.	Proximidad de representaciones gráficas en la interfaz de usuario, indicadores de artefactos, sonidos.	Instante en el que se produce la manipulación de objetos.	Sensores de posición, rotación, y movimiento, acelerómetros, giroscopios, <i>eye trackers</i> , cámaras.	Representación visual o textual del objeto manipulado en cualquier elemento de visualización (fijo o móvil) para aquellos usuarios o grupos para los que es relevante la información.
Pasado	Histórico de artefactos (¿Cómo llegó este artefacto a estar en este estado?)	Cada vez que el artefacto cambia de estado.	Histórico de versiones del artefacto.	Listado de versiones anteriores del artefacto con posibilidad de selección y visualización de dichas versiones.	Instante en el que se produce la manipulación de objetos.	Sensores de posición, rotación, movimiento. Acelerómetro. Almacenamiento de información a lo largo del tiempo.	Al pasar por el artefacto, posibilidad de visualización y selección de versiones anteriores del artefacto o de grabaciones de sus estados anteriores.

Las dimensiones de la pregunta *Qué* se refieren al manejo de los datos, es decir, de los artefactos u objetos del dominio que forman el contexto compartido en el caso de los ambientes de interacción explícita o el entorno compartido en los de interacción implícita. Esta pregunta se divide en dos dimensiones: la referida al *presente*, que trataría con los artefactos que forman el contexto o el entorno compartido en un momento dado, y la referida al *pasado*, que trata con el histórico de artefactos manejados. En cuanto a la interacción explícita, se registra información sobre los objetos manipulados cada vez que dicha manipulación (creación, modificación, etc.) tiene lugar, y posteriormente se muestra esa información mediante mecanismos como la proximidad de las representaciones de los participantes en mapas o similares o la inclusión de información sobre artefactos en las listas de participantes o sonidos característicos asociados a los objetos que se manipulan. En cuanto a la parte histórica, se van almacenando distintas versiones del artefacto cada vez que este sufre una modificación sustancial. Esas versiones pueden luego ser visualizadas a petición de los usuarios y en función de las características o requisitos del sistema.

En lo que se refiere a la interacción implícita, la información debe registrarse cada vez que se detecta una manipulación, mediante sensores de posición, rotación o movimiento u otros dispositivos como acelerómetros o giroscopios. Así, se tendrá en cuenta qué objetos del entorno compartido están cambiando de situación o

posición o en cuáles el usuario está centrando su atención y se podrá mostrar algún tipo de representación visual o textual de dicho objeto que resulte relevante en ese momento. En el caso del histórico, lo habitual será que un usuario que pase junto a un objeto quiera conocer el histórico de versiones del mismo y lo consulte mediante un dispositivo de visualización móvil. En el caso que no sea posible conocer las modificaciones concretas y por lo tanto no se guarde un histórico de versiones, es posible la grabación en video de los instantes en los cuales el objeto haya sido manipulado, para de esa forma poder visualizar posteriormente esa grabación y ver qué modificaciones se han llevado a cabo. Supongamos, por ejemplo, un escenario en el que un grupo de ingenieros trabajan de forma conjunta sobre una serie de planos. En dicha situación es posible emplear esta aproximación, puesto que es complicado almacenar los cambios si el soporte no es un sistema informático pero sí se puede activar una grabación en el momento en el cual se detecta que el plano está siendo manipulado. Otra posibilidad en ese escenario es que los ingenieros, en lugar de trabajar sobre planos en papel, lo hicieran sobre tabletas o dispositivos similares que sí permitieran un almacenamiento y un posterior procesamiento de los planos desarrollados.

A continuación se detalla, en la Tabla 2, la información relativa a la pregunta *Cómo*, que, aunque no es una de las cinco *Ws* clásicas, ha sido también considerada.

Tabla 2. Marco para la pregunta *Cómo*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida	Entrada		Salida
		Cuándo se registra	Qué se registra	Cómo se muestra	Cuándo se registra	Cómo se registra	Cómo se muestra
Presente	Acción (¿Qué se está haciendo?)	Instante en el que selecciona el tipo de acción y se ejecuta.	Opción de menú seleccionada, botón pulsado, comando ejecutado.	Indicadores de actividad y de cambio, representaciones gráficas, indicadores de modo, animaciones, visibilidad de acciones, acciones audibles.	Momento en el cual tiene lugar la acción.	Grabación de audio y video, sensores.	Visualización de audio y video en el mismo espacio físico o por videoconferencia.
Pasado	Histórico de acción (¿Cómo ocurrió esa operación?)	Cada instante en el que selecciona el tipo de acción y se ejecuta.	Conjunto de opciones de menú, botones y comandos con información temporal asociada.	Listado de las distintas acciones que han ocurrido con la información temporal correspondiente.	Momento en el cual tiene lugar la acción.	Conjunto de grabaciones de audio y video y registros de sensores con información temporal asociada.	Posibilidad de visualizar, reproducir o simular operaciones pasadas.

En la tabla correspondiente al *Cómo* de nuevo aparecen las dos dimensiones temporales. Como esta pregunta trata acerca de la manera en la que los usuarios realizan su actividad a través de las acciones, el objetivo es identificar qué están haciendo los usuarios de la sesión, en el caso del presente, y cómo ocurrió una operación dada, en el caso del pasado. Así, para la interacción explícita, el usuario puede realizar tres tipos de acciones: la introducción de información, la petición de información y el lanzamiento de un procesamiento concreto. Estas acciones se desencadenarán mediante la selección de opciones de menú, botones, órdenes de voz, etc. Posteriormente, Gutwin y Greenberg identifican numerosos *widgets* de *awareness* para notificar de esas acciones, como acciones audibles, indicadores de cambio, etc. En lo que se refiere a la gestión de información histórica sobre las acciones, la información que se registrará es la misma, pero se hace necesario almacenar también la información temporal asociada, para poder consultar luego los listados históricos que correspondan.

Por su parte, en las situaciones de interacción implícita, las acciones se podrán capturar mediante grabaciones de audio y video. Cuando se pretenda saber qué acciones está llevando a cabo un usuario, una imagen de video proporcionará dicha información. El histórico almacenaría esas grabaciones para poder reproducir las acciones anteriores. Así, siguiendo el ejemplo antes planteado, una vista de acciones podría mostrar, en un dispositivo de visualización de grupo, las imágenes por videoconferencia de los grupos que estuviesen trabajando en ese momento. Por su parte, el histórico de acciones se visualizaría cuando un usuario consultara en su dispositivo móvil la grabación de un cierto momento de una sesión ya finalizada.

La siguiente tabla (Tabla 3) es la parte del marco relativa a la pregunta *Dónde*, y por lo tanto a los aspectos de localización dentro de las sesiones de trabajo.

Tabla 3. Marco para la pregunta *Dónde*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida (awareness)	Entrada		Salida
		Cuándo se registra	Qué se registra	Cómo se muestra	Cuándo se registra	Cómo se registra	Cómo se muestra
Presente	Ubicación (¿Dónde se está trabajando?)	Cada vez que se produce una interacción sobre el contexto compartido.	Coordenadas X e Y del puntero sobre un contexto compartido de naturaleza gráfica o posición del cursor sobre un contexto compartido de naturaleza textual.	Representaciones gráficas, vistas de radar, barras de desplazamiento multiusuario, representaciones distorsionadas (ojo de pez), indicadores de ubicación.	Cada vez que se produce una interacción sobre el entorno compartido.	Sensores de movimiento y presencia para las personas, sensores de localización o GPS para los objetos.	Indicadores de ubicación en lista de participantes, mapas de localización.
	Punto de vista (¿A dónde se está mirando?)	Movimiento del ratón y cursor.	Coordenadas X e Y del puntero sobre un contexto compartido de naturaleza gráfica o posición del cursor sobre un contexto compartido de naturaleza textual.	Vídeo subjetivo, posición de representaciones gráficas.	Cuando se produce una fijación de la vista sobre un punto concreto.	Sistemas de <i>eye tracking</i> , grabación de vídeo y audio, cámaras subjetivas.	Coloreado de zonas y mapas de calor según hacia donde mira cada usuario dentro del entorno compartido.
	Vista (¿Dónde pueden ver?)	Área de visualización colaborativa.	Referencia al área de visualización colaborativa.	Rectángulos de vista, vistas duplicadas, vistas esclavas.	Cuando se produce un cambio en el punto de vista del usuario.	Sensores de movimiento y presencia de personas. Cámaras subjetivas. Giroscopios.	Mapas de localización con indicación del alcance de la vista (coloreado u otros mecanismos). Vídeo subjetivo.
	Alcance (¿A dónde pueden alcanzar?)	En el momento de la autenticación, cuando se determina el rol del usuario y por tanto el alcance de su trabajo.	Asociación actor-rol.	Rectángulos de vista, habilitación y deshabilitación de opciones del contexto compartido según el rol del usuario.	Al entrar en un espacio físico.	Autenticación al entrar al entorno compartido mediante sensores, <i>tags</i> , GPS, etc.	Visualización del alcance (objetos, espacios físicos) del resto de usuarios del entorno compartido. Dispositivos fijos o móviles. Representación visual similar a la de interacción explícita.
Pasado	Histórico de ubicación (¿Dónde ha estado una persona?)	Cada vez que se produce una interacción sobre el contexto compartido.	Misma información que en <i>Ubicación</i> y <i>Punto de Vista</i> pero con la información temporal asociada.	Mostrar registro de zonas del contexto compartido por los que el usuario se ha movido y rutas de transición entre dichas zonas.	Cada vez que se produce una interacción sobre el entorno compartido.	Sensores de movimiento y presencia para las personas. Se incluye información temporal.	Mostrar registro de sitios visitados y rutas de transición entre dichos sitios llevadas a cabo.

En este caso, de nuevo la pregunta abarca presente y pasado, aunque según el marco de Gutwin y Greenberg se contemplan varias dimensiones para el presente, y no sólo una como en las preguntas anteriores. Así, se distingue entre *ubicación* (dónde están trabajando los usuarios), *punto de vista* (a dónde están mirando), *vista* (hasta dónde pueden llegar a ver) y *alcance* (hasta dónde pueden alcanzar). Hay que tener en cuenta que estos conceptos espaciales en los ambientes *clásicos* suelen referirse a la pantalla del ordenador mientras que en ambientes de interacción implícita e inteligencia ambiental son conceptos referidos a espacios físicos en los cuales tienen lugar las sesiones de trabajo.

En general, en la interacción explícita las entradas de estas dimensiones se producen cuando el usuario efectúa una interacción con el contexto compartido (sea este de naturaleza gráfica o textual). Esa información se visualiza luego en forma de vistas de radar, vistas de ojo de pez y componentes similares. El histórico incluiría registros de zonas del contexto compartido que se han visitado y rutas de transición entre dichas zonas. Por otro lado, la interacción implícita en este aspecto supondría controlar el movimiento de los participantes en el entorno compartido, así como el control de hacia dónde mirar o qué miran los participantes para las distintas dimensiones. Eso implica el uso de dispositivos como sensores de movimiento, giroscopios o

dispositivos de *eye tracking*. Así, se podría saber hacia dónde miran los usuarios, incluso hacia que partes de los elementos físicos con los que interactúan, como es el caso de los planos en papel manejados por el grupo de ingenieros en el escenario que venimos presentando. Estos planos pueden tener también algún sensor de localización o GPS para ayudar a identificar su ubicación espacial. Por supuesto, si lo que se manejara fuesen dispositivos de tipo tableta, esta situación se simplificaría porque los dispositivos podrían tener ya integrados los sensores antes mencionados.

La visualización de este tipo de información se haría usualmente sobre mapas de localización en los cuales con técnicas de

coloreado o de marcado se indicarían las zonas de localización, punto de vista, vista y alcance de los usuarios. En cuanto al histórico, este se haría de forma similar al de interacción explícita pero considerando que las zonas y rutas que se muestran serán zonas y rutas dentro de un espacio físico, y no áreas dentro de la visualización en pantalla del contexto compartido (un gráfico o un texto) en el que trabajan conjuntamente los usuarios.

El marco propuesto continúa con la sección correspondiente a la pregunta *Quién* (Tabla 4). Esa sección incluye todas las dimensiones que tratan con la presencia de usuarios en las sesiones colaborativas, incluyendo también aspectos de autoría de acciones.

Tabla 4. Marco para la pregunta *Quién*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida	Entrada		Salida
		Cuándo se registra	Qué se registra	Cómo se muestra	Cuándo se registra	Cómo se registra	Cómo se muestra
Presente	Presencia (¿Hay alguien en el espacio de trabajo?)	Autenticación en el sistema.	Perfil del usuario (nombre, representación gráfica: color, avatar, etc.)	Lista de participantes, representaciones gráficas.	Cuando la persona entra en el entorno físico compartido.	Sensores de presencia, GPS, dispositivos de identificación. Permiten identificar el usuario y su perfil.	Lista de participantes en dispositivos de visualización. Alerta sonora o luminosa. Imagen de video (salas de videoconferencia).
	Identidad (¿Quién es ese?)	Autenticación en el sistema.	Perfil del usuario (nombre, representación gráfica: color, avatar, etc.)	Lista de participantes, representaciones gráficas.	Cuando la persona entra en el entorno físico compartido.	Dispositivos de identificación, reconocimiento facial.	Lista de participantes. Imagen de video. Visualización de información de personas mediante dispositivos móviles.
	Autoría (¿Quién está haciendo eso?)	Técnicas de manipulación directa y técnicas de edición colaborativa para la creación de artefactos compartidos.	Acción concreta realizada y persona que la ha llevado a cabo.	Coloreado según creación, proximidad de representaciones gráficas, líneas de autoría.	Cuando se produce la manipulación del objeto.	Sensores de proximidad que permitieran detectar la proximidad entre objeto-persona y persona-persona, y sensores que permitan detectar manipulación o cambio en los objetos.	Representación gráfica de la proximidad objeto-persona y persona-persona. Ej: mapa de localización, grabación de video y audio.
Pasado	Histórico de presencia (¿Quién estuvo aquí, y cuándo?)	Cuando alguien interactúa con el contexto compartido.	Conjunto de áreas del contexto compartido con listado de usuarios que han interactuado con él e información temporal.	Para una zona concreta del contexto compartido, listado de usuarios que han interactuado e información temporal.	Cuando la persona pasa por algún área del entorno compartido.	Conjunto de información de los sensores de presencia y dispositivos de identificación de usuarios junto con la información temporal asociada.	Mostrar representación de personas que han pasado por esa área con la información temporal asociada. Ej: avatares, imagen de video, etc.

La tabla de la pregunta *Quién* incluye tres preguntas referidas al presente y una al pasado. Las referidas al presente corresponden a las dimensiones de *presencia* (quién está ahí), *identidad* (quién es una persona concreta) y *autoría* (quién está haciendo qué). En las situaciones de interacción explícita, para las dos primeras dimensiones la entrada se registra en el momento de entrar a la sesión colaborativa, correspondiendo ese momento a la entrada al entorno físico compartido en los ambientes de interacción implícita. Así, la presencia y la identidad suelen corresponder en el primer caso con perfiles de usuario que se reflejan luego en

listas de participantes y en el segundo con sensores de presencia y dispositivos de identificación que permiten visualizar la información de los usuarios en dispositivos de visualización de grupo o individuales.

En el caso de la autoría, tanto el registro como la visualización están relacionados con lo contemplado anteriormente para el caso de las acciones, ya que se pretende saber quién ha hecho una acción concreta. La autoría en interacción implícita puede ser más complicada de detectar si se está trabajando con elementos físicos como los planos en papel del ejemplo que venimos manejando.

Por tanto, podrían entrar en acción sensores de proximidad y movimiento que nos indiquen cuándo un objeto está siendo manipulado y qué usuario está cerca, que será posiblemente el usuario que lo está manipulando.

Finalmente, la dimensión histórica de esta parte del marco corresponderá al almacenamiento del movimiento de los usuarios y la visualización posterior de quiénes pasaron por una zona

concreta del contexto compartido o del entorno compartido, según en qué tipo de ambientes nos encontremos.

A continuación pasaremos a la tabla correspondiente a la pregunta *Cuándo* (Tabla 5), que sólo incluye una dimensión, ya que es lógico que esta pregunta sólo se pueda referir al pasado y no al presente.

Tabla 5. Marco para la pregunta *Cuándo*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida	Entrada		Salida
		<i>Cuándo se registra</i>	<i>Qué se registra</i>	<i>Cómo se muestra</i>	<i>Cuándo se registra</i>	<i>Cómo se registra</i>	<i>Cómo se muestra</i>
Pasado	Histórico de eventos (<i>¿Cuándo ocurrió ese evento?</i>)	Cada vez que se origina un evento.	Listado de eventos: qué evento tuvo lugar y en qué instante de tiempo.	Representación gráfica del listado de eventos.	Cada vez que se origina un evento.	Todos los dispositivos de entrada presentes en el entorno compartido.	Posibilidad de seleccionar y mostrar o volver a reproducir cualquier tipo de evento.

La única dimensión de esta tabla corresponde con el histórico de eventos, en el cual lo importante es conocer el momento en el que un evento tuvo lugar. En este sentido, un *evento* sería una interacción con el contexto u entorno compartido, la comunicación o proximidad entre personas y la entrada y salida del sistema o del entorno. En ambos casos se almacenará un listado de eventos que podrá ser consultado posteriormente. En el caso de la interacción implícita, todos los dispositivos de entrada

se encargarán de registrar esos eventos y posteriormente éstos podrán ser reproducidos. Por ejemplo, en el escenario del grupo de ingenieros, estos podrían querer repasar el vídeo de la manipulación de los planos con los que van a trabajar para saber cuándo estos fueron modificados por última vez.

Finalmente, la última parte del marco corresponde a la pregunta *Por Qué* (Tabla 6), es decir a la intencionalidad de las acciones que se llevan a cabo en una sesión de trabajo.

Tabla 6. Marco para la pregunta *Por Qué*

		Interacción Explícita			Interacción Implícita		
		Entrada		Salida	Entrada		Salida
		<i>Cuándo se registra</i>	<i>Qué se registra</i>	<i>Cómo se muestra</i>	<i>Cuándo se registra</i>	<i>Cómo se registra</i>	<i>Cómo se muestra</i>
Presente	Intención (<i>¿De qué objetivo forma parte esa acción?</i>)	Cada vez que se produce una interacción con el contexto compartido.	Última interacción; rol de la persona que la llevó a cabo; artefactos y acciones disponibles a raíz de dicha interacción.	Representaciones gráficas, marcado de artefactos.	Cada vez que se produce una interacción con el entorno compartido.	Todos los dispositivos de entrada presentes en el entorno compartido.	Identificación de personas, localización, roles, posibles acciones futuras disponibles y posibles objetos que pueden ser manipulados para aquellos usuarios y grupos para los que es relevante la información.

El concepto de intencionalidad de las acciones suele ser difícil de controlar, tanto en las situaciones clásicas de interacción explícita como en las nuevas de interacción implícita. Para las primeras, distintos autores proponen diversas aproximaciones, como por ejemplo las de caracterizar las intenciones mediante reglas de adaptación/transformación [15]. Mientras que en las últimas habrá que manejar la información de localización de las personas, sus roles, y los objetos que pueden ser manipulados para mostrar a las personas de un grupo de trabajo información sobre posibles movimientos futuros de sus compañeros. Así, si un ingeniero es informado de que el ingeniero jefe ha manipulado los planos de la instalación eléctrica, es porque el siguiente trabajo será el diseño de dicha instalación.

Con esta última dimensión finaliza el marco propuesto para el diseño del soporte al *awareness* en ambientes de interacción explícita e implícita. Se ha tratado de abarcar toda la información

relevante acerca de este campo de forma que sea fácil identificar qué información debe capturarse y cómo debe mostrarse a la hora de dar soporte a las distintas preguntas del marco.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo se ha descrito un marco de referencia para el diseño del soporte al *awareness* que parte de ambientes de interacción explícita para generalizar y considerar también los de interacción implícita en el ámbito del paradigma de la Inteligencia Ambiental. De esta forma, se proporciona una ayuda a los diseñadores de sistemas colaborativos que quieran tratar con este nuevo estilo de interacción y deseen dar soporte al *awareness*. A lo largo de la explicación del marco se han ido describiendo ejemplos de la aplicación de los elementos del marco a una situación real.

Mediante la aplicación de este marco se podría caracterizar una situación de trabajo en grupo en cualquiera de los dos tipos de interacción, ayudando así al diseño de un sistema que se pretende que cubra una o varias dimensiones de awareness de las consideradas. Se trata por tanto de un marco más enfocado para el diseño que para la evaluación, que era la utilidad fundamental del marco original del que se ha partido a la hora de llevar a cabo el trabajo descrito.

Al desarrollar el marco, además, se ponen las bases para el desarrollo automático del soporte computacional al *awareness* según se ha descrito. Para ello, el siguiente paso será modelar una conceptualización del soporte al *awareness* mediante metamodelos que puedan formar parte de un proceso automático de generación de sistemas que incluyan dicho soporte al *awareness*, en la línea que trabajos como [8] han seguido para las interfaces tradicionales.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado en el ámbito del proyecto EDUCA-PROG (TIN2011-29542-C02-02), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

6. REFERENCIAS

- [1] Brooks, K. 2003. The Context Quintet: narrative elements applied to Context Awareness. *Proc. HCI International 2003* (Crete, Greece).
- [2] Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Souchon, N., Bouillon, L., Florins, M., and Vanderdonck, J. 2002. Plasticity of user interfaces: a revised reference framework. *Proc. First Int. Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design TAMODIA'2002* (Bucarest), 127-134.
- [3] Chen, H., Finin, T., and Joshi, A. 2003. An Ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments. *Knowledge Engineering Review*, Special Issue on Ontologies for Distributed Systems.
- [4] Dey, A.K. 2001. Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5 (1), 4-7.
- [5] Dourish, P., and Bellotti, V. 1992. Awareness and Coordination in Shared Workspaces. *Proc. 1992 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*.
- [6] Ellis, C., Gibbs, S., and Rein, G. 1991. Groupware: Some Issues and Experiences. *Communications of ACM*, 34 (1), 39-58.
- [7] Figueroa Martínez, J., Gutiérrez Vela, F.L. 2010. Modelado del Awareness para el Desarrollo de Sistemas Colaborativos. *Proc. XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (Interacción'2010)*.
- [8] Figueroa Martínez, J., Gutiérrez Vela, F.L., López Jaquero, V., González, P. 2011. Extension a UsiXML para el Soporte del Awareness. *XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (Interacción'2011)*.
- [9] Gallardo, J., Molina, A.I., Bravo, C., Redondo, M.A., and 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 (2), 1099-1118.
- [10] Greenberg, S., Neustaedter, C., and Elliot, K. 2009. Awareness in the Home: The Nuances of Relationships, Domestic Coordination and Communication. P. Markopoulos et al. (eds.), *Awareness Systems*, Human-Computer Interaction Series, Springer Verlag, 73-96.
- [11] Gutwin, C., Greenberg, S., and Roseman, M. 1996. Workspace Awareness in Real-Time Distributed Groupware: Framework, Widgets, and Evaluation. *People and Computers XI (Proc. of HCI '96)*.
- [12] Gutwin, C., and Greenberg, S. 2002. A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. *CSCW Journal*, 11, 411-446.
- [13] Hervás, R., and Bravo, J. 2011. COIVA: context-aware and ontology-powered information visualization architecture. *Software: Practice and Engineering*, 41 (4), 403-426.
- [14] López de Ipiña, D., Vázquez, J.I., and Abaitua, J. 2006. A Context-Aware Mobile Mash-up for Ubiquitous Web. *Proc. 2nd International Workshop UCAMl 2006*, 19-34.
- [15] López Jaquero, V., Montero, F., Sendín, M., González, P. 2010. Un Metamodelo para la Especificación de Reglas de Adaptación para Entornos Colaborativos. *Proc. XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (Interacción'2010)*.
- [16] Luyten, K. 2004. *Dynamic User Interface Generation for Mobile and Embedded Systems with Model-Based User Interface Development*. PhD. thesis, Universiteit Limburg.
- [17] Molina, A.I., Redondo, M.A., and Ortega, M. 2009. A Review of Notations for Conceptual Modeling of Groupware Systems. Macías. *New Trends on Human-Computer Interaction: Research, Development, New Tools and Methods*, J.A., Granollers, T. and Latorre, P.M. (Eds.), Springer-Verlag, 75-86.
- [18] Molina, A.I., Redondo, M.A., and Ortega, M. 2009. A methodological approach for user interface development of collaborative applications: A case study. *Science of Computer Programming*, 74 (9), 754-776.
- [19] Mori, G., Paternò, F., and Santoro, C. 2003. Tool Support for Designing Nomadic Applications. *Proc. IUI2003* (Miami, Florida).
- [20] Paternò, F., Santoro, C., and Tahmassebi, S. 1998. Formal model for cooperative tasks: Concepts and an application for en-route air traffic control. *Proc. 5th Int. Workshop on Design, Specification, and Verification of Intractive Systems DSV-IS '98* (Abingdon), Springer-Verlag.
- [21] Paternò, F. 2004. ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models. *The Handbook Of Task Analysis For HCI*, D. Diaper and N.A. Stanton (eds.), LEA, Mahwah, NJ., 483-501.
- [22] Sendín, M., López-Jaquero, V., Collazos, C.A. 2008. Collaborative Explicit Plasticity Framework: a Conceptual Scheme for the Generation of Plastic and Group-Aware User Interfaces. *Journal of Universal Computer Science*, 14 (9) 1447-1462.
- [23] Shadbolt, N. 2003. Ambient Intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 18 (4) 2-3.
- [24] Schmidt, A. 2000. Implicit Computer-Human Interaction Through Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 4 (2-3), 191-199.
- [25] Zachman, J.A. 1997. *Concepts of the framework for enterprise architecture*, Zachman International, Inc.

Bridging the Communication Gap: A User Task Vocabulary for Multidisciplinary Web Development Team

Sara Tena

DEI Lab, Universidad Carlos III
Avda. Universidad, 30
28911 Leganés, Spain
+34 624 88 31

stena@inf.uc3m.es

Paloma Díaz

DEI Lab, Universidad Carlos III
Avda. Universidad, 30
28911 Leganés, Spain
+34 624 94 56

pdp@inf.uc3m.es

David Díez

DEI Lab, Universidad Carlos III
Avda. Universidad, 30
28911 Leganés, Spain
+34 624 94 99

david.diez@uc3m.es

Ignacio Aedo

DEI Lab, Universidad Carlos III
Avda. Universidad, 30
28911 Leganés, Spain
+34 624 94 90

aedo@ia.uc3m.es

ABSTRACT

The design of Web-based systems is specially characterized by the multidisciplinary nature of Web Development Teams (WDTs). Due to this multidisciplinary, WDT members use different terminology that can lead to misunderstanding along the development process and, consequently, affect the resulting design. This problem has been identified during the physical design of websites, characterized by the sharing of ideas and the need of reaching a common understanding of the problem. With the purpose of avoiding misunderstanding among WDT members during this phase, it is proposed a controlled vocabulary of web user task. The definition of the vocabulary is based on the analysis of interaction design patterns. The paper describes the definition process followed for the construction of the user task vocabulary as well as the vocabulary itself. The final version of the controlled vocabulary compiles a total of thirty-four web user tasks and forty-one semantic relationships represented as synonyms. The vocabulary has been assessed through a heuristic evaluation, proving its correctness and completeness.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Group and Organization Interfaces – *web-based interaction*.

General Terms

Design, Human Factors

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.

Keywords

Multidisciplinary, web development team, user task, interaction, physical design, communication, misunderstanding

1. INTRODUCTION

Team working is built on the assumption that the group members are able to communicate and collaborate. That seems obvious, but in many teams insufficient understanding during collaboration is one of the reasons for project failure. As Larsson [1] posits, “*successful collaboration requires the establishment of shared understanding or common ground between team members*”, but the achievement of that is not a trivial task. During design, the way in which a team member communicates with the rest of the team is essential to get shared understanding, but in many cases team members use a jargon that isn't clear or commonly understood by others [1]. These communication problems may be greater if teams are composed by a group of people with a full set of complementary skills, knowledge, and backgrounds –what it will be called multidisciplinary teams from now on. Multidisciplinary teams have to deal not only with the challenge of communicating different perspectives but also with the challenge of communicating among people with different background and terminology. That is why a common language in terms on vocabulary could make sense in collaboration.

The design of Web-based systems is specially characterized by the multidisciplinary nature of Web Development Teams (WDT) [2]. These teams can normally involve profiles such as web developers, graphic web designers, and usability experts. This multidisciplinary of the team makes that each team member provides a different perspective of the same problem. While the web developer is worried about the behavior or the functionality of the system, the graphic web designer is concerned of the layout and appearance of the web. These different points of view allow building more usable, maintainable, and reliable web systems. However, differences in their terminology can lead to misunderstandings among WDT members. This terminological problem is mainly identified during physical design, which involves considering concrete and detailed issues of designing the

interface [3], such as the interaction elements or the user interface components to use. The lack of a shared vocabulary in this phase may complicate the physical design in two ways: on the one hand, the process of discussing and making a preliminary solution will be hindered by the use of ambiguous terminology that is not understood in the same way by different members of the team; on the other hand, the misunderstanding between designers and developers about the same user task may cause the building of unsuitable solutions.

An example of this problem was observed during the design of an e-commerce website. In this kind of website, one of the main goals of the user is to find desired products to buy them. The search of products requires moving around the site, trying to identify which product satisfies the user needs. This 'moving around' can be performed by following a predefined path or just surfing the site. These two different ways of achieving the goal refer to different user tasks, carried out with different user interface components. In particular, designers with a computer background usually use the terms 'navigate' and 'browse' to respectively refer to these two tasks. 'Navigate' refers to follow a planned course on, across, or through the products, leading to the use of menus or action buttons. Otherwise, 'browse' refers to look around the products, without seeking anything in particular, leading to the use of search fields or tables. However, graphic web designers and even usability experts use either 'navigate' or 'browse' without distinction. Therefore, the use of different terminology may affect the physical design of the homepage. For instance, referring to "use an element to browse around the products" the graphic designer may propose a layout to render an action menu, while the web developer would think in a search bar.

This paper proposes a vocabulary of web user tasks conceived to enhance the communication of WDT members. The vocabulary collects common tasks related to the user interaction with web systems. The definition of the vocabulary is based on the analysis of interaction design patterns. The rest of the paper is organized as follows. Next section includes the review of different works devoted to identifying lists, taxonomies, and classifications of web user tasks. These works might be used as a reference to define the controlled vocabulary. Section 3 describes the definition process of the vocabulary, including the explanation of the sources of information analyzed to collect web-user tasks and the proposed vocabulary. Section 4 presents the expert evaluation of the vocabulary. Finally, conclusions and further work will be presented.

2. RELATED WORK

Exchanging information among participants with different background requires a shared terminology that can support some level of common understanding [1]. In particular, focusing on the design of web user interface, this shared terminology should allow designers to understand in the same way the meaning of most common user tasks. This condition implies not only the collection of terms but also the definition of such terms as a way of assuring their understanding. A controlled vocabulary is highlighted as an effective and natural mechanism to reduce ambiguity at low cost [4]. In particular, it could be defined as a user-friendly resource that does not require too much experience or knowledge to use it. This kind of vocabulary consists on a list of terms explicitly listed and defined in an unambiguous and non-redundant way [5], oriented to address two main problems:

- Homonymy: If the same term is commonly used to mean different concepts, then its name is explicitly qualified to resolve this ambiguity in the vocabulary.
- Synonymy: If multiple terms are used to mean the same thing, one of the terms will be identified as the preferred term and the others are listed as synonyms.

According to this definition, a generic controlled vocabulary of web user tasks must be characterized by being domain-independent, by compiling user tasks in a broad sense, and by providing the definition of such terms that designate user tasks. There are so far different works devoted to define lists, taxonomies, or tasks classifications that may be used as reference to identify interactions between users and web applications that can lead to identify the terms of a controlled vocabulary. This section reviews such existing controlled vocabularies to "ascertain whether an existing controlled vocabulary covers the same or an overlapping domain of knowledge" [5]. This review also served as a starting point to compile broadly used terms in related fields.

Bryne et al. [6] proposed a web-user-task taxonomy that collects the most frequent tasks performed while surfing the web. This taxonomy proposes six main classes of tasks: use information, locate on page, go to page, provide information, configure browser, and react to environment. A user-task taxonomy oriented to specifically categorize the underlying goals of user searches is introduced in [7]. This taxonomy consists of three types of web search: navigational, informational, and resource. The goal of navigational search is to go to a specific known website that the user already has in mind; informational search is centered in learning something by reading or viewing web pages; and, finally, resource search represents the goal of obtaining something the user is looking for. In addition, each of these goals is divided into sub-goals, such as locate, download, entertainment, etc. Morrison et al. [8] described another taxonomy of web searching taking into account three variables: the purpose of the search, the method used, and the content of the information being searched for. Although [6], [7], and [8] are called as user-task taxonomies for the web, they are limited to search tasks on the web. Besides, these taxonomies are focused on offering a hierarchy of user tasks without including the definition of the tasks. Without such definitions designers may understand the user tasks in a different way, making it difficult a share understanding of the tasks.

In a more generic way, Heath et al. [9] proposed a list of online tasks that emphasizes user's goals without the use of a particular tool or technology. This list collects a total of eleven tasks: locating, exploring, monitoring, grazing, sharing, notifying, asserting, discussing, evaluating, arranging, and transacting. Gonzalez-Calleros et al. [10] presented a list of canonical tasks with the purpose of providing user interface designers with guidance for task modeling. The list compiles a total of fifteen canonical tasks with their correspondent definitions. However, some of the definitions use the own key term to explain the meaning of the task, making it difficult the understanding of such tasks. As an example, the 'modify' canonical task is defined as "the action of modifying an item", leaving it open which kind of changes are allowed so different interpretations the designer gives to this imprecise definition is valid. Based on a study by twenty-four knowledge workers, Sellen et al. [11] created a classification of tasks in web usage. As a result, six main categories were defined: finding, information gathering, browsing, transacting, communicating, and housekeeping. These works do not, for example, identify tasks related with such processes aimed at helping the user to accomplish a specific task or to product new

content on the web, such as require Web 2.0, and, consequently, do not provide enough broad sense of user tasks on the web. However, due to the fact that they provide generic user tasks as well as their definition, they have been considered as a starting point in the present proposal to compile terms.

Finally, a list of tasks dependent on domains such as banking, customer service, credit investigation, and finance was proposed in [12]. Another model of tasks [13], proposes a list of tasks to support the design of multidimensional visualization techniques. Both works are not only domain-dependent, covering only user tasks in the analyzed domains, but also uncompleted: they do not provide the definition of the tasks.

3. CONSTRUCTION PROCESS

The aim of this paper is to define a user task vocabulary for web user interface design. This vocabulary compiles terms related to the use of web applications, regardless of the business domain, as a way of providing a shared understanding of web user tasks. Next subsections explain the rationale of the construction process of the user task vocabulary, defining the content objects, the construction method applied to collect terms as well as the vocabulary itself.

3.1 Content Objects

A content object is considered as any item that is to be described for inclusion in an information retrieval system, website, or other source of information [5]. Since the identification of user tasks refers to an instrumental activity, the construction of the vocabulary was based on interaction design patterns, a wide-used web-design resource. Interaction design patterns are successful solutions and best practices to recurrent design problems. They document patterns of interaction that make it easier for users to understand the interface and perform their tasks [14]. This kind of design resource describes interactions between the user and the system in order to understand how users accomplish their goals. Hence, the narrative of an interaction design pattern describes a set of tasks that may be part of an activity supported by the system in order to accomplish a user goal. Although there are several interaction design pattern libraries, and patterns descriptions vary somewhat, the majority of the libraries include a set of common elements: the pattern name, its description, the problem to solve, the solution to this problem, and the rationale of the solution. Fig. 1 shows an example of an interactive design pattern. Since both the problem and the solution compile interaction between the user and the system, these two elements were analyzed to identify terms related to user tasks. With the purpose of identifying these user tasks, four of the most popular interaction design pattern libraries were reviewed: Yahoo Patterns [15], Designing Interfaces [14], Quince Patterns [16], and RIA Patterns [17]. These libraries compile terms not only related to traditional web but also to rich internet applications (RIA). The term RIA refers to any component-based web application that provides desktop functionalities through the use of richer user interface components [18]. As a result, a total of ninety-eight patterns were analyzed.

3.2 Selection of Terms

The selection of terms was based on the identification of those verbs and phrasal verbs related to web user tasks. A verb describes the fact or process of doing something, typically to achieve an aim; as a consequence, verbs determine the goals, activities, and actions to be carried out by the user on the web.

With the intention of building a user task vocabulary independent of the domain, those verbs related to the way of accomplishing a goal or performing an activity must be collected. Such verbs represent generic interaction activities on the Web and, as a consequence, the most significant web-user tasks of a web application.

The identification of terms was carried out in a manual way, without applying machine-readable text or computerized indexing systems. Machine-aided indexing may increase the efficiency of process but require well-defined rules about the terms to select. Given the characteristics of the process of indexing user tasks, based on subjective aspects and its aim of describing tasks, machine assistance was discarded. As shown in Fig. 2, some verbs refers to the goal – ‘enter’- and others such as ‘enable’, ‘allow’, ‘provide’ or ‘forcing’ are used as links and clarifications in the narratives but do not describe user tasks. Therefore, the selection of terms had to consider not only the grammatical form of words but also the sense of the narrative and the relationship with other words. The selection of terms was based on the top-down technique, identifying first the broadest terms and then the narrowest ones. The process was divided into the following steps:

1. *Extraction.* The first step of the process is aimed at identifying those verbs that represent interaction between the user and the system. An example of the extraction process is presented in Figure 2. It shows the description of the problem and solution of the ‘Date and Time Input’ pattern of the ‘Quince Patterns’ catalog. Verbs such as ‘enable’, ‘enter’, ‘provide’, ‘allow’, ‘select’, and ‘forcing’ are highlighted; however, just those verbs that semantically and contextually represent an action with the system –such as ‘select’ and ‘enter’– are selected.

2. *Registration.* During the extraction process, the frequency with which a term has been used in indexing is registered. Terms with low scores can be considered as candidates for rejection.

3. *Prioritization.* With the purpose of establishing key terms, extracted verbs are sorted in keeping with the number of occurrences. As an example, some of the verbs that had more occurrences were ‘browse’, ‘filter’, ‘search’, and ‘select’.

4. *Definition.* Once the verbs have been extracted and prioritized, the meaning of the verbs has to be established. Online dictionaries –such as WordReference [19], Cambridge Dictionary [20], and Wordnet [21]- are used to look up the definition of the terms as a way of defining user tasks. In this way, the definitions are established selecting those related to the interaction of the user with the web. When the definitions are similar among dictionaries, we take those that express more accurately the nature, scope or purpose of the interaction activity.

5. *Classification.* This step aims at identifying whether a verb has a semantic relationship with other verbs in the list. If such a relation exists the verb with more occurrences is identified as a key term and the others as synonyms; in addition, using the above-mentioned dictionaries the list of synonyms was completed. An example of this step is reflected in the verbs ‘enter’ and ‘insert’. As shown in Fig. 2, ‘enter’ and ‘insert’ are initially identified in the analysis of the narratives. Based on the definitions provided by the online dictionaries, it was detected a semantic relationship between both terms, establishing ‘insert’ as the key term due to the number of accounted occurrences and ‘enter’ as its synonym.

Problem
Enable users to enter dates and times with minimal thought or effort on their part, and with minimal chance for errors.

Solution
Provide mechanisms that allow the user to select dates and times or enter the data in a natural ways, as opposed to forcing users to enter text in unfamiliar formats (which is more error prone).

Context
Dates or times must be provided by a user.

Rationale
There are many different ways to represent date and time, none of them being standard. There can be no universal standard representation and data entry for date and time because the appropriateness of any given date/time representation is to a large degree a function of what is being accomplished, in addition to more obvious considerations such as geographic-cultural norms.

If users are forced to use unfamiliar formats or syntax for date and time entry, or even familiar formats that don't relate well to what the user is trying to accomplish, errors and frustration by the user becomes more likely.

For example, to allow a user to enter a date range for a hotel stay, it may be appropriate to have the user provide the arrival date and the number of nights they wish to stay, rather than providing both the arrival and departure dates. If instead, the user is interested in exploring options within a more flexible range of dates, it may be more appropriate to have the user provide two specific dates, representing the end points of the range.

Figure 1. Definition of the 'Date and Time Input' pattern of the Quince library [16]

Problem
Enable users to enter dates and times with minimal thought or effort on their part, and with minimal chance for errors.

Solution
Provide mechanisms that allow the user to select dates and times or enter the data in a natural ways, as opposed to forcing users to enter text in unfamiliar formats (which is more error prone).

Figure 2. Example of extraction step. Verbs underlined were highlighted but only rounded ones were extracted

3.3 User Task Vocabulary

The structure and display format of the controlled vocabulary affects the types of cross-references and relationship indicators that are provided [5]. The user task vocabulary is presented in a tabular way, compiling the key term, the synonyms, and the definition of each user task. Tabular is the plainest presentation structure of controlled vocabulary. This kind of structure is oriented to display the most significant references and relationships between terms with particular emphasis on usability. With the purpose of easing the search of terms, the vocabulary is alphabetically sorted by key terms; similarly, the synonyms of each task are also alphabetically arranged. As far as the delivered format is concerned, a web-enabled format is adopted. This delivered format allows designers to look up terms online, moving through the web page by using menu options such as 'find' or 'find next'. The user task vocabulary compiles a total of thirty-four key terms and forty-one synonyms. Table 1 presents the final draft of the vocabulary.

Table 1. User task vocabulary of web user tasks.

Key term	Synonyms	Definition
Add		Join (something) to something else so as to increase the size, number, or amount
Assign	Set apart, Specify	Designate or set (something) aside for a specific purpose
Associate	Colligate, Connect,	Make a logical or causal

Key term	Synonyms	Definition
	Link, Link up, Relate, Tie in	connection
Browse	Surf	Look around casually and randomly, without seeking anything in particular
Change	Commute, Convert, Exchange	Exchange or replace with another, usually of the same kind or category;
Check	Verify	Make sure or demonstrate that (something) is true, accurate, or justified
Combine		Join for a common purpose or in a common action
Compare		Draw an analogy between one thing and (another) for the purposes of explanation or clarification
Complete		Bring to a whole, with all the necessary parts or elements
Consult	Look up, Refer	Seek specific information about (something)
Delete	Remove, Erase	Wipe out digitally or magnetically recorded information
Download		Transfer a file or program from a central computer to a smaller computer or to a computer at a remote

Key term	Synonyms	Definition
		location
Export		Transfer (data) in a format that can be used by other programs
Fill		To complete (a form, for example) by providing required information
Filter	Filter out, Filtrate, Strain, Separate out	Process or treat with a piece of software that processes data before passing it to another application
Format		Arrange or put into a defined structure for the processing, storage, or display of data
Import		Transfer (data) into a file or document
Insert	Enter, Infix, Introduce	Put or introduce into something
Modify	Alter	Make partial or minor changes to (something)
Move	Displace	Cause to move or shift into a new position or place
Navigate		To follow a planned course on, across, or through information
Rate	Grade, Place, Order, Range, Rank	Assign a standard or value to (something) according to a particular scale
Return		To come or go back to a previous place
Rotate		Move in a circle round an axis
Save		Keep (data) by moving a copy to a storage location
Search		Try to find something by looking or otherwise seeking carefully and thoroughly
Select	Pick out, Choose, Take	Pick out or choose from a number of alternatives
Send		To cause or order to be taken, directed, or transmitted to another place
Show		Be, allow, or cause to be visible
Sort	Assort, Class, Classify, Send out, Sort out, Separate	Arrange or order by classes or categories
Store		Retain or enter (information) for future electronic retrieval
Switch		Change the position, direction, or focus of (something)
Upload		Transfer (data) to a larger computer system
Validate		Check or prove the validity or accuracy of (something)

4. HEURISTIC EVALUATION

The evaluation of the vocabulary is aimed at determining “if the controlled vocabulary matches users’ expectations of the terms contained therein” [5]. For example, if the vocabulary is not sufficiently rich, designers may not find their required terms. With such an aim, the evaluation was oriented towards assessing the completeness and correctness of the vocabulary. The evaluation of these two facets was carried out by a heuristic evaluation. This evaluation method is based on asking the opinion to a panel of experts. The opinion of experts was collected through a five-level Likert scale questionnaire, ranging from (1) ‘strongly disagree’ to five (5) ‘strongly agree’. Before analyzing the results of the survey, and in order to ensure the reliability and validity of the questionnaires, it was performed a reliability test based on the α -Cronbach. The internal consistency of the questionnaires would be considered as acceptable if the α -Cronbach coefficient is 0,7 or higher [22]. Due to Likert scale is considered as an ordinal scale, the analysis of the results was based on the central tendency through the median.

For the evaluation of the vocabulary, a set of questions (see Table 2) about the acceptance usage of the terms, the completion of the vocabulary, and its expected usefulness was used. Referring to the selection of experts, the evaluation of the vocabulary was carried out by a total of eighteen experts (SME, subject-matter expert). These experts’ profile corresponded to usability experts (5 SMEs), graphic web designer (4 SMEs), accessibility experts (5 SMEs), and web developer (4 SMEs). Additionally, in order to assure the validity of their opinions, they should be part of a WDT for a minimum of two years. Because of the larger number of experts and their diversity, the questionnaire was filled through a public web site. The online completion of the questionnaire made it easier to collect results and to apply statistical methods to the data (Table 3). In the home page, the web site provided information about both the main object of the research and the object of the evaluation. Once the experts were put into context, they could access to the evaluation.

Table 2. Experts’ opinion about the vocabulary

Id	Question
Q01	The vocabulary collects common user task in interaction with the web
Q02	Up-to-date, terms are of accepted usage on the web
Q03	The definition of the terms design the reality of the user task on the web
Q04*	Too many key terms must be added to the vocabulary
Q05*	Too many synonyms must be added to the vocabulary
Q06	The vocabulary does not contain terms that are synonymous or equivalent without indicating the relationship
Q07	The definition of the terms are unambiguous
Q08	The definition of the terms are non-redundant
Q09	The use of a common vocabulary among WDT members avoid misunderstandings
Q10	The use of a common vocabulary facilitate the communication among WDT members

Table 3. Results of experts' opinion about the vocabulary

(Questions marked with an asterisk were formulated with a negative sense in order to avoid bias for acceptance)

Id	Average	Median	Standard Deviation
Q01	4.06	4	0.52
Q02	3.89	4	0.49
Q03	3.72	3.5	0.59
Q04*	3,89	4	0,3
Q05*	4,17	4	0,65
Q06	3.94	4	0.52
Q07	4.17	4	0.46
Q08	4.39	4.5	0.61
Q09	4,17	4	0,65
Q10	3,56	4	0,49

The α -Cronbach's was 0,828, assuring the reliability of the questionnaire. The results show experts value of the vocabulary, considering that it collects common user tasks in interaction on the web and that it can be used for the design of web interactions. In particular, the definitions of the user tasks were assessed as correct and truthful. Regarding the usefulness of the vocabulary, experts consider that the vocabulary could be useful to avoid misunderstandings and facilitate communication among WDT members during the physical design of websites.

5. CONCLUSIONS

The use of different terminologies may lead to communication problems when the understanding of the information differs depending on the participants' background. With the purpose of avoiding such communication problems during physical design of websites, a controlled vocabulary of web user tasks has been proposed. This vocabulary, initially conceived for the physical design, could be applied to other activities of the development process in which WDT members have to exchange their ideas, thoughts, and suggestions about the interaction between the user and the system. The assessment of the vocabulary has demonstrated the completeness and correction of the vocabulary.

The evaluation of the vocabulary has verified the validity of the construction process and, specially, the recognition of interaction design patterns as a suitable source of information for collecting common user tasks on the web. Our experience during the construction of the vocabulary, along with the results of the evaluation, suggests that interaction design patterns can be considered as a convenient source of information for defining the common ground of web design. Additionally, interaction design patterns can be considered as a rigorous source of information, so reliable as research articles, technical reports, or white papers. However, in order to confirm this preliminary impression, further work will be oriented to study other sources of information such as use cases narratives or design principles.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partly supported by the urThey project (TIN2009-09687) funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation (MICINN).

7. REFERENCES

- [1] Pan, T. Y., Newman, R.M., Porter, S. and Tovey, M. 2002. Verbal language and Sketching. In *Common Ground: Proceedings of the Design Research Society International Conference at Brunel University*, Staffordshire University Press
- [2] Díaz, P., Montero, S. and Aedo., I. 2005. *Ingeniería de la web y patrones de diseño*. Pearson Education, Madrid, Spain
- [3] Rogers, Y., Sharp and H., Preece, J. 2011. *Interaction Design: beyond human-computer interaction*. Wiley, UK
- [4] Hedden, H. 2008. Controlled vocabularies, thesauri, and taxonomies, *Journal: The Indexer*, 26
- [5] NISO Standars 2005. *Guidelines for the Construction, Format, and Management of Monolingual Controlled Vocabularies*, ANSI/NISO Z39.19-2005
- [6] Byrne, M.D., John, B.E., Wehrle, N.S. and Crow, D.C. 1999. The tangled web we wove: A taskonomy of WWW use. In: *Proceedings of Human Factors in Computing Systems* (Pittsburgh, Pennsylvania, May 15 - 20, 1999) ACM, New York, NY, 544-551.
- [7] Rose, D. E. and Levinson, D. 2004. Understanding user goals in web search. In: *Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web* (New York, May 17 - 22, 2004) WWW '04. ACM, New York, NY, USA, 13-19. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/988672.988675
- [8] Morrison, J. B., Pirolli, P. and Card, S.K. 2001. A Taxonomic Analysis of What World Wide Web Activities Significantly Impact People's Decisions and Actions. In: *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems* (Seattle, Washington, March 31 - April 05, 2001) CHI EA '01. ACM, New York, NY, USA, 163-164. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/634067.634167
- [9] Heath, T., Dzbor, M. and Motta, E. 2005. Supporting User Tasks and Context: Challenges for Semantic Web Research. In: *Proceedings of UserSWeb: Workshop on End-User Aspects of the Semantic Web* (Heraklion, Crete, May 29, 2005) UserSWeb2005. CEUR Workshop Proceedings Heraklion, 125-136.
- [10] Gonzalez-Calleros, J. M., Guerrero-Garcia, J., Vanderdonck, J. and Munoz-Arteaga, J. 2009. Towards Canonical Task Types for User Interface Design. In: *Proceedings of the 2009 Latin American Web Congress* (Merida, Mexico, November 07 - 09, 2009) LA-WEB '09. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 63-70. DOI=http://dx.doi.org/10.1109/LA-WEB.2009.33
- [11] Sellen, A. J., Murphy, R. and Shaw, K.L. 2002. How knowledge workers use the web. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in Computing Systems: Changing our world, changing ourselves* Minneapolis (Minnesota, April 20 - 25, 2002) CHI '02. ACM, New York, NY, USA, 227-234. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/503376.503418
- [12] Aubin, F., Robert, J. M. and Engelberg, D. 1994. From task analysis to user interface design. In: *Proceedings of the 12th triennial Congress of the IEA* (Rio de Janeiro, Brazil, August 15-19, 1994) 397-399.
- [13] Valiati, E., Pimenta, M.S. and Freitas, C. 2006. A taxonomy of tasks for guiding the evaluation of multidimensional visualizations. In: *Proceedings of the 2006 AVI workshop on*

Beyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization (Venezia, Italy, May 23 – 26, 2006) BELIV '06. ACM, New York, NY, USA, 1-6. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1168149.1168169>

- [14] Tidwell, J. 2005. *Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design*, O'Reilly Media, California, USA.
- [15] Yahoo! Design Pattern Library, <http://developer.yahoo.com/ypatterns/about/start.html>. Last access date: 28 March 2012
- [16] Quince, <http://quince.infragistics.com/> Last access date: 28 March 2012
- [17] Scott, B. and Neil, T. 2009. *Designing Web Interfaces: Principles and Patterns for Rich Interactions*, O'Reilly, California, USA.
- [18] Allaire, J. 2002. *A next-generation rich client*, Macromedia Flash MX - White Paper.
- [19] WordReference, <http://www.wordreference.com>, Last access date: 28 March 2012
- [20] Cambridge Dictionary, <http://dictionary.cambridge.org/> Last access date: 28 March 2012
- [21] WordNet, <http://wordnet.princeton.edu/>, Last access date: 28 March 2012
- [22] Hair, J.F., Black, B., Babin, B., Anderson, R.E. and Tatham, R.L. 2007. *Multivariate Data Analysis*, Pearson Education.

Mecca Access and Security Control System

Habib M. Fardoun
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
hfardoun@kau.edu.sa

Abdulfattah S. Mashat
Information Technology Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
asmashat@kau.edu.sa

Antonio Paules Ciprés
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
apcirpres@gmail.com

ABSTRACT

Mecca (مكة المكرمة, Makka al-Mukarrama) is a city in Saudi Arabia. For Muslims, the pilgrimage to Mecca is part of one of the fundamentals of their faith, so-called pillars of Islam. Each year, nearly five millions of pilgrims go to the holy city, to perform the Hajj during the Muslim month of Dhu al-Hijjah. The existent of this big number of people in such a small enclosure make the occurrence of incidences happened so often. For this, in this paper we present an access and security control system, to prevent the suffering of these incidences. This is done thanks to the use of ICT, this system will perform image tracking and pilgrims monitoring, to help these pilgrims, and provide them all the needed attention in an effective and technological way.

Categories and Subject Descriptors

C2.1 [Network Architecture and Design]: Message sending - Network communications; D4.7 [Organization and Design]: Distributed systems - Interactive systems; I3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques; H.5.2 [User Interfaces]: Graphical user interfaces (GUI) - Interaction styles; K6.5 [Security and Protection]: Physical security.

General Terms

Management Documentation, Performance, Design, Human Factors

Keywords

Mecca, "Kaaba", Mobile Devices, Alert systems, Tracking Process, Image Analysis, Global Positioning System (GPS), Information and Communication Technologies (ICT)

1. INTRODUCTION

The city of Mecca situated in Saudi Arabia, east of Jeddah. Is the most important religious capital of Islam, thus, all Muslims must journey at least once in their life to Mecca and pray in the

Mosque, which houses name is "Kaaba". The interior of the mosque is a large quadrangle, with capacity for more than 50,000 people, surrounded by cloisters and porches, decorated with seven minarets, which can be reached through 24 gates.

The city is organized around the mosque. The activity revolves around the influx of pilgrims, since a large number of pilgrims travel annually to participate in the "Hajj" in Mecca, whose estimated annual number exceeds 5 million of people. With this huge number of people gathered in one place at the same time, any error in the crowd control can cause a disaster.

This research work, reflects a solution for security and surveillance in Mecca, giving it the needed support to the campus security teams, and, at the same time, bears all the necessary support services to the pilgrims. The required services are those needed for counting people to control the campus capacity, people search inside it, and the need to detect incidences that pilgrims could suffer.

This raises the solution should consider the required respect for the pilgrims, but in turn it should facilitate the rapid response of the security and emergency services. As well as collecting information to evaluate these services, and allow a better respond to future situations. Within the campus, the security tasks are carried out by police, and the emergency services are formed of sanitary and medical services, both located in the premises, besides of technical groups that control all the entire process within this system to provide relief efforts and controls in campus.

To perform this task, we present a solution based on the use of Information and Communication Technologies (ICT), and all the services that it offer us, such as: mobile devices, Global Positioning System (GPS), Distributed User interfaces (DUI), High performance cameras, facial reorganization, Data Bases with data knowledge, Data analysis, and tracking process. The combination of these services and construction of such a system is presented within this research paper.

This paper is divided into 5 sections: first we start with the introduction, after that, in section 2 we present a brief description of the current state of art, of the last used technologies being used in the system and the existent applications that perform similar tasks. Third, we present the users of the system, the needed actors that will control the whole system; the system architecture and function is presented too, as the analysis of the obtained data, and the types of Alert actions. Fourth, two study cases are presented to prove the importance and the way in which this system perform the security and help services. Finally, we end with the conclusions and future work.

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 '12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

2. STATE OF ART

Nowadays, there are now many companies that have applications for monitoring [1] [2], capacity control [3] [4] and control of incidents. But it still does not exist a system that coordinate between all these parties, as it is required by the proposed system, neither the coordination of strange motion detection and tracking of people in a campus [5].

There are several well performed applications, and systems that perform the tasks required by our system, such as: PAX-it [6], MediaCybernetics [7], Olympus Image Analysis Software [8], Digimizer [9], ImageWarp [10], Stanford White [11].

But, the most important system is that developed in the metro station of Madrid named “Moncloa”¹, which makes a video analysis to determine humans’ movements [12]. This system is being performed at the “Moncloa”, is the development of an analytical video, individually identifies each person who appears on stage, his career record, and performs a classification of the same depending on whether or not he carries out a certain types of objects. In the other side, the image analysis throws an alert if it detects a potentially hazardous situation, as an accumulation of people, risk of assault or neglect of suspicious packages and through the tracker, it notify the security personnel responsible for the heat exchanger.

In summary we can say that there are all the technology that would allow the realization of a hardware software system that allows monitoring capacity control and rapid resolution of incidents inside the enclosure, and the search needs of individuals and counts.

3. MECA SECURITY SYSTEM

3.1 Users

System users are the safety and rescue teams’ members, those who perform the tasks of coordination and assistance, the pilgrim is not a system user, as they don’t have access to it.

Figure 1. Determines the members of the emergency system these are coordinated to perform the emergency and assistance work, the tasks that these users perform are the following:

- **General Coordinator:** The system administrator sets and coordinates the working groups; he is the head of the system. All the system users depend of his decisions, he coordinates both areas: safety and health.
- **General Safety Coordinator:** Coordinates the necessary work within the control center; he has access to all levels he is responsible of within the system; his labor as coordinator makes him the responsible of decision-making in his field.

- **Camera Operators:** The eyes of the system, these operators establish the system monitoring, and display the cameras to detect hazards, and to perform searching processes. This user is in direct communication with the guards and the system of health emergencies through a message system.
- **Guard:** These guards are distributed inside the campus near to the pilgrims, in predetermined areas; they receive alerts, on their mobile devices, from control centers, to provide support to pilgrims.
- **General Health Coordinator:** Coordinator of the work of health emergency within the campus, he is responsible for the care of pilgrims inside the campus.
- **Medical Emergencies Coordinator:** Coordinator of emergencies; he coordinates the health teams at the campus exits, and the control of the emergency physicians’ movements.
- **Emergencies Operator:** The operator's emergency staff is spread across the campus, to provide first aid and its transfer; also they can communicate the need for a medical emergency in a certain place.
- **Emergencies Doctor:** The doctor will go to provide health care to pilgrims to the specified location by the Emergencies operators.
- **Hospital health Coordinator:** Coordinates the reception of pilgrims in the hospital after receiving the first aid, as operations and ensuring the correct functioning of the Hospital.

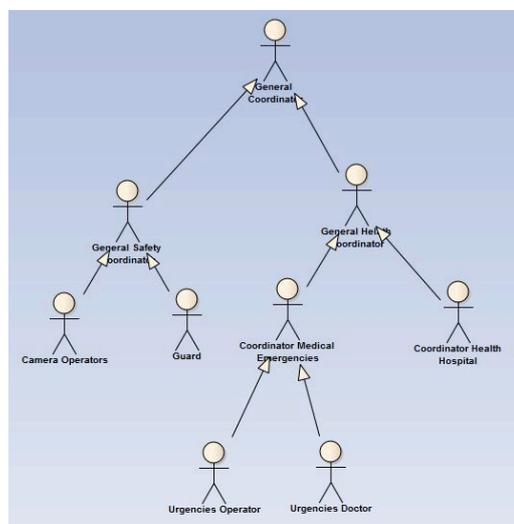


Figure 1. The system actors

¹ This R & D initiative is part of the European innovation HNPs (Heterogeneous Network for European Public Safety), developed by 16 companies from countries like France, Luxembourg, Germany, Holland and Spain, where it is still essential the collaboration of public-private entities, such as the University of Madrid, Telefónica I + D, Gowex and SICE (technical coordinator of the pilot HNPs). The video analytic system has been developed by the Implementation Group of the Visual Telecommunications ETSI Telecommunications of the UPM.

3.2 System Architecture and Functions

The system architecture must allow communication of all the system devices “elements”, these elements are mobile devices, the cameras and the control center terminals, mobile devices communicate via 4G connection [13], so it guarantee full coverage inside the campus. With the 4G coverage, we avoid both the complex installation of wireless access points and removing dark spots of the same, reducing by this the maintenance and

breakdowns. The 4G coverage is used exclusively for emergency systems, and is part of a LAN without exterior coverage.

This architecture ensures data security and speed, as it will be a high bandwidth. The download speeds will around the 100 Mbps, and the upload speed of 50 Mbps. By this, the number of devices connected to the 4G connection does not decrease the bandwidth, so the maximum speed is always guaranteed.

Tracking devices, cameras, sensors, and located codecs-encoders are connected by Ethernet cabling 4G, the descriptions of the required devices are as follows:

- **IP Cameras:** These cameras IP cameras with high definition laser sensor, establish the monitoring and selection of a pilgrim in the system; and that allows his tracing, see Figure 2. They include rangefinder and white laser illuminator, allowing the calculation of distance and mark the pilgrim [14].
- **Heat Sensors:** in order to determine the temperature conditions in the campus, these hot spots will determine if there is an accumulation of people, and also to detect possible fires in the premises [15].
- **Codec-Encoders:** video and audio encoders, which allow connection of any audio and video to the network, by this it will facilitate the televising of the rites [16]. Taking this Full High Definition (FHD) signal, the system would also support host video analytics, and works like a reserve system in the case that the principle one fails.



Figure 2. Tracking camera with rangefinder

The system architecture contains several subsystems that must be linked, for this an application is developed to manage the entire system. But in this system there are several distinct subsystems, where the function of these is a direct result of the types of devices listed above. This function is analyzed next.

3.3 Video Signal and Sensors Subsystem Analyzes

The function of this subsystem is to provide a system of alerts for camera operators to allow:

- **Detection:** in the case the system detects pilgrims' unusual behavior; it issues an alert on the operator display and store the video sequence [17].
- **Tracking:** The camera operator can select a pilgrim within the premises and track him. This process is done, independently of the pilgrim trail in the campus. Thus, all cameras will be notified to track him in the case he enters in its field of vision [18].
- **Recording:** The system stores as well as video sequences, the times for the location of all incidents, by classifying them in this way, the security and

emergency medical services may view these actions later, to improve the provided services, and learn from experienced situations [19].

The operation of this subsystem depends on the training of the neural network that analyzes the video signal. This training must be adjusted and should be enriched in the testing phases. Hence, one of the principles needs, to make video recording, is to process it to test the performed adjustments.

It is also important, how the incidence position is established, inside the campus. This requires determining the position of where is the location of the alarm, and where is the receiver, security/sanitary member, to response it.

3.3.1 Alarms are emitted by:

- The video analysis system, allows automatic alarms to be issued, depending on the movements of the pilgrims. The alarm system will be refine over the time, since the neural network will be improved over time
- The camera operator, issues an incidence on the camera that is watching.
- Help Services issue alarm sound to the services requesting help.

3.3.2 Alarms are received by:

- The camera operator receives an alarm on the monitor, which also allows the operator to have more control of the cameras, and avoid operators' forgetfulness, which will evaluate the alarm emission.
- Security and sanitary services receive alerts on their mobile devices to perform the assistances.

3.3.3 Alarms emission and reception

The emission and reception of the alarm is determined by the positioning of where the alarm occurred, and who will answer it. This positioning information can be got from the camera or the mobile device. Calculating positions within the system is determined by different ways, as follows:

- The laser sensor of the camera calculates the distance, in meters, to where it points. Besides the camera turns on a LED color indicating that an alert has occurred.
- Mobile devices calculate its position applying indoor positioning system, based on 4G [20], and outside by applying the GPS. By this, the system can determine the exact position and generates the path in the device to rich a certain point.

The capacity control is calculated performing photographic, using the IP cameras [21] simultaneously, we can set time intervals to have the capacity available at all times. By dividing the campus into sections, several cameras will be the responsible to each one of them, and those can make individual control over its section, such as: sending alerts, etc.

In order to ensure the correct counting of persons, IP heat sensors are employed; these will provide control over people situated within the scope of this sensor, allowing the system to perform double counting.

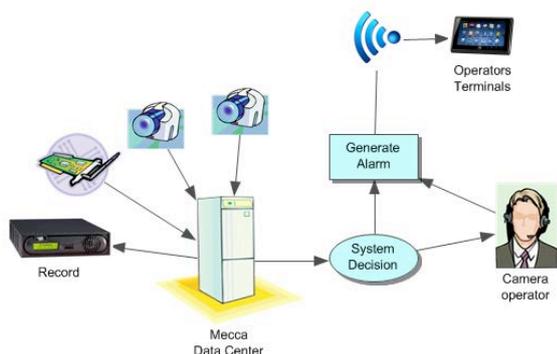


Figure 3. Decision making structure

Combining these elements, ensure the safety of pilgrims and streamline decision making, since it is critical, that the system

Table 1. Alert Types and levels

Device	Alert Type	Detection Type		Alert Signal Emission	
		Automatic	Manual	Automatic	Manual
Audio Signal Analysis	Strange movements	X	X	X	X
Heat sensor	Temperature zones	X	X	X	X
Heat sensor	Capacity control	X	X	X	X
Mobile device operator	Send help signal		X		X
photographic analysis	Capacity control	X	X	X	X

Figure 4. shows the interaction of the IP devices with the system, which take into account the needs of programming of these devices. Our idea is to isolate them in separate packages, in this way, we get a carapace of abstraction, allowing the switching of devices, without affecting the system, and then we add the combination of different models and brands, making the system interoperable between hardware and business logic. The communication between devices with different business logic depends on the type of device:

- **Video Devices:** These devices emit a continuous stream in MPEG4 [24] or H264 [25] the last one is a high definition codec with a consumption of low bandwidth. Moreover these video devices must be controlled to allow the communication with the interface using the sent commands.
- **Sensors:** These sensors emit a signal every few cycles of time, configurable in the sensor itself, the sensor also allows the request of specific required information

We are therefore faced with a synchronous communication to the sensors and the operation of the camera, and capture of video streams for posterior analyzing of the signal. This is carried out by continuous connection to the device, and by the processing of the signal in the search of gestural patterns, which allow the detection of unusual movements.

The connection to the devices is done via IP; these devices have an embedded Web server in the hardware, where the configuration is performed. With the access to the Web and the send and receive parameters of the POST and GET methods, the devices are

should facilitate decision-making and communication among members of the security and emergency equipment, Figure 3.

3.4 Alerts Levels

In this section we specify the alert levels, the alert transmitter and the receiver of it; the alert levels must be configurable by the system administrator. Setting the alarm levels, the system dispose of an automated and manual alarm options, both in combination ensures the required safety functions, see Table 1.

3.5 System Function

IP devices can be controlled remotely by sending specific commands via http protocol; sending Get and Post methods requests. The manufacturers usually provide ActiveX controls [22], or Java Jar libraries [23], which have instructions, functions and commands to operate with the device. The platform on which to develop this application is independent of both technologies for packaging instructions are supported by the Java development platform.

controlled, and then, the system member, can capture the video signal from his application. Once an alert is detected on the server, it sends signals to the devices and operators terminals.

To perform this operation, the data of the devices is stored, these data are:

- **IP:** Identifies the device on the network.
- **Ports:** Various communication ports with the device by which to send commands and receive data, the number of device ports will vary depending on the type of device.
- **Location:** Position on the site plan to determine its exact location, so the device position will be located all the time, and display it on a plane.

The alert operation and management is made in the implementation, through the access to the user levels in the database, and group settings for these levels.

The training of the neural network will be held using the High performance Computer (HPC)² at King Abdulaziz University (KAU), so the video signal and alarm processing will be forward to this HPC, to build and train the neural network, which facilitates decision-making. This neural network training and data analysis, can predict the critical situations that will occur in the future by analyzing the sensor data, along with the signal video.

² HPC at the KAU: has 1500 of core size and it is the n° 20 between the 500 top ranked.

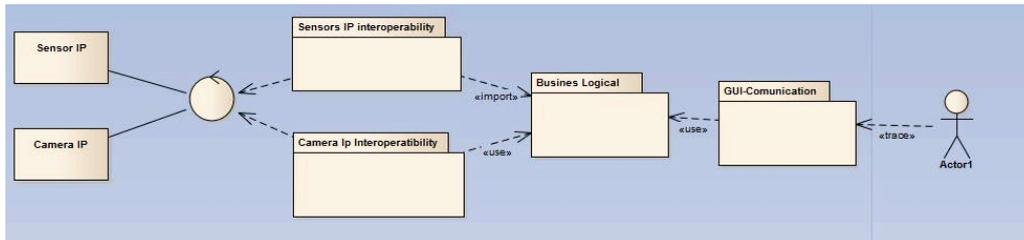


Figure 4. System communication with IP device

3.6 Control Center

The control center is the nerve center of this system. There is no need to be located on the premises, but may be in a building near the perimeter of this. The vital importance of this area “Kaaba”, make necessary to have another control center, in a different location, to be activated in the case of fail of the main control center. Another aspect we have to consider is the strengthening of the servers in this control center; this can be achieved by using portable servers, so by this we anticipate any incidence that can happen with the system.

Replication of databases and the server content will be stored in another data center, which will maintain an exact real-time operational data center, to send the data and control the auxiliary data center if it is necessary, we will make use of the KAU HPC.

4. CASE STUDY

The case study we present it in two parts, from one hand we set in a private two critical situations:

- A Pilgrim faints inside the campus
- A lost child inside the campus

4.1 Pilgrim Suffers Fainting

In this critical situation should act in the security services and medical services, the tasks are: *Security services* will be to establish a cord, to avoid congestion and assist in the evacuation of this, if necessary, and *Medical services*, is to attend the patient and perform the transfer.



Figure 5. Control system user interface

The control center receives an alert detected by analyzing the stream of video signals, and then operator decides whether to issue an alert to emergency services and medical services or both, Figure 5. shows the operator screen with the alert action.

The color boxes, in the central image, represent:

- **Green:** Tested and labeled dangerous situation.
- **Blue:** Scanning.
- **Red:** Danger, strange movement indicating the exact position of the location coordinates (X, Y).

The system will alert, the system members, indicating in the screen the position of the alert by using the nearest cameras to the incidence, and issuing an audible warning to inform the operator to who notify this incidence, the security services, medical services or both.

The application elements are explained in Table 2.

Table 2. Control Center elements

Element	Description
	The camera operator has access to all the emergency services workers in the area of operation of the camera.
	The camera operator can view in the plane, of his section, where is the location of the alarm and the position of emergency workers.
	The operator can make calls from the PC, to any member of the teams that are in his area.
	The operator has direct communication with the general coordinator, indicating that a catastrophic situation has happened, unexpected and of high urgency.
	This option disable or activate the laser pointer to track, this is a two-position button, off and on.
	Pad control for operating the camera, to move the camera in its range. The central button position of the camera in the center, default position.
	The operator can share his screen with any of the control center screen.
	The operator can access the elements of camera settings, for example, to set its default scan the camera does for the area.
	Camera “-” Zoom button

	Camera “+” Zoom button
	In the camera control pad, the operator can activate or deactivate this option, of moving the camera to continue tracking in its assigned area; it is a button with “on” and “off” positions.
	Keypad with alarm options, issued to the person that the camera operator select. By pressing a button, it will select an option, stating the apparent cause of the incidence.

The mobile device, of the member of security, is an access device to the cameras of his assigned section, to visualize the security camera he needs in each moment, Figure 6. The menu options of the application, within the mobile device, are as follows:

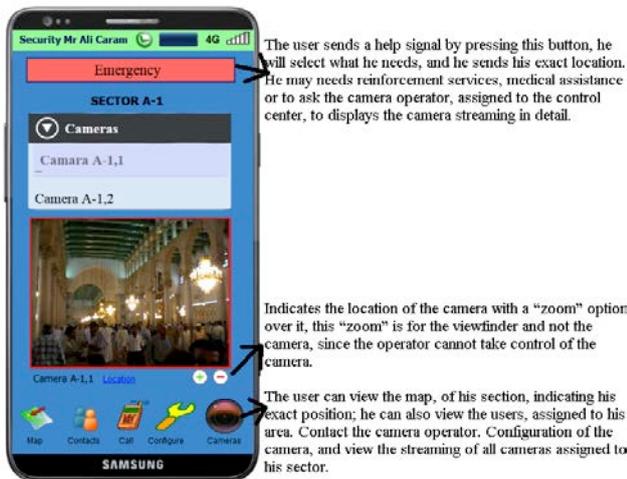


Figure 6. Mobile device of security members

The device of the security and emergency services will take a similar configuration to the alert emitted by the camera operator.

The device receives a warning and change to intervention mode; the agent displays the video camera of incidence place, indicating in red color the faint pilgrim. By this, the agent can access the map of the exact location and obtain information about its distance from the camera, to orient inside the campus and goes as fast as possible to the place.



Figure 7. Device emergency mod and localization plan

The device gives him the option to call the operator directly, and share him the stream of the camera, for places or unexpected situations during the pilgrim's attention; and to initiate face recognition, if it is necessary, with the camera of the datacenter, Figure 7.

Once the emergency care ended, the staff marks the option of intervention completed, by inserting a PIN code to prevent accidental selections.

4.2 Pilgrim Suffers Fainting

In this case that the operator detects a child alone, and just think that the child is lost, in this situation the operator performs the following process:

- Marc the child with the laser visor.
- Activate the security alert, indicating that the cause is a lost child.

The nearest security team member receives, in his device, the photo that the operator has selected. By marking, the child, with the laser, the system starts searching the nearby camera system, so while the child is in the range of the camera, this will moves up to perform him a track making, Figure 7.



Figure 8. Operator vision of the lost child.

The operation of the interface is the same as described in the above case study. When the system find a lost child, it warns his location and modify the plan with respect to the incidence, determining where the child is found, and informs the nearest security operator in the section.

5. CONCLUSIONES

The presented system, in this research paper, provides a security monitoring within the premises of agglomeration of people without interference, in an implicit way, so that the pilgrim is aware that he is being guarded. Another security aspect is the provided help to the camera operator, because this operator must pay attention to several cameras simultaneously, so by using the ICT, by including auto-video analysis, this will ensure the system perform faster and more effective monitoring, including cameras that is are not displayed in the terminals. The easy installation of the necessary components is simple, as it only involves the installation of IP devices, Ethernet 1000 Mb/ps, in a local network

computer. And its maintenance is unnecessary, except breakage or defect of manufacture.

The alert system agility, the speed of communication of the critical situations with the operator, and the location of the person suffering a incidence, makes the system be fast and reliable in situations of agglomeration of people. Since the operator, all time, has an exact location of emergency personnel. These features, named above, make of the system viable and reliable, but it should have a scale test phase, prior to drawing the conclusions of both: the organization of emergency personnel work, as testing of the neural network that needs training and previous settings. And this is done, thanks to our use of the KAU High Performance Computer.

As first steps, the system will establish protocols, to observe how the emergency personnel perform their work, to adapt the system to the emergency protocols that have been established. The recording of all critical situations, on the campus, can provide the emergency services, a repository of information, to display their activities and improve their training.

Also, to support this human trafficking, and provide greater security, the described system here can be valid for critical points detection. Adding face recognition, would provide another level of security, and may establish, in the campus, cameras in the points that the security members determine, to perform face analysis, to identify and search people.

6. REFERENCES

- [1] P. M. Mendieta, M. Quiñones. 2010. Implementación De Algoritmos Detratamiento de Imágenes para Sistemas Devideo Vigilancia de Segunda Generación. Revista Semestral Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones. Vigésima Edición.
- [2] Garcia-Martin, A., & Martinez, J. M. (2010). Robust Real Time Moving People Detection in Surveillance Scenarios. 2010 7th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 241-247. Ieee. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5597118>
- [3] Dincycon Sistemas, Sistema de conteo de personas y control de aforos. http://www.dinycon.com/pdfs/Hoja_Descripci%C3%B3n_DinyCONT_V4.pdf
- [4] PeCo. Solución de Conteo de Personas. <http://www.visual-tools.com/rs/24/d112d6ad-54ec-438b-9358-4483f9e98868/1ec/filename/folleto-peco.pdf>
- [5] A. Legarretaetxebarria. 2011. Sistema de localización y seguimiento de personas en interiores mediante cámara PTZ basado en las tecnologías Kinect y Ubisense. Universidad del País Vasco.
- [6] Paxit: <http://www.paxit.com/paxit/enhanced.asp>
- [7] Mediacy: <http://www.mediacy.com/>
- [8] Olympus-ims: <http://www.olympus-ims.com>
- [9] Digimizer: <http://www.digimizer.com/>
- [10] Imagewarp: <http://www.imagewarp.com>
- [11] Stanfordwhite: <http://www.stanfordwhite.com/article-hospital-fire-alarm.shtml>
- [12] Metro Madrid. Moncloa Tracking system. 2011. <http://www.metromadrid.es/es/comunicacion/prensa/2011/Diciembre/noticia6.html>
- [13] E. Seidel, 2008. Progress on "LTE Advanced" - the new 4G standard. Nomor Research GmbH, Munich, Germany.
- [14] Defensa y Tecnología Naval. 2012. <http://deftech.wordpress.com/2010/03/10/peru-evalua-adquirir-helicopteros-coin-vrae/>
- [15] Heat sensors. 2012. <http://www.otot.ws/es/products/overhead-thermal-sensor-for-people-counting>
- [16] Codecs-encoders <http://www.vbrick.com/>
- [17] Garcia-Martin, A., & Martinez, J. M. (2010). Robust Real Time Moving People Detection in Surveillance Scenarios. 2010 7th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 241-247. Ieee. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5597118>
- [18] VBrick White Papers, video recorder. 2012. http://www.vbrick.com/support/white_papers.asp
- [19] A. C. Ciprián, 2009. Diseño y desarrollo de un sistema de posicionamiento en interiores basado en Wi-Fi con tecnología Android. Universidad Carlos III de Madrid.
- [20] A. M. Bravo, 2009. Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN Universidad Carlos III de Madrid.
- [21] Á. B. Gómez, 2011. Conteo de Personas Mediante Iluminación Láser y Técnicas de Procesamiento de Imagen. Universidad Autonoma de Madrid. Escuela Politecnica Superior.
- [22] ActiveX: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa751972%28VS.85%29.aspx>
- [23] Jar: <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/deployment/jar/index.html>
- [24] MPEG4: <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [25] H264: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=56538

A Platform Supporting the Development of Applications in Ubiquitous Systems: The Collaborative Application Example of Mobile Forensics

Carlos Rodríguez-Domínguez, Kawtar Benghazi,
José Luis Garrido, Aurora Valenzuela
Universidad de Granada
Avenida del Hospicio S/N
18071 Granada, España
{carlosrodriguez, benghazi, jgarrido, agarach}@ugr.es

ABSTRACT

Ubiquitous systems generally consist of a set of devices, services and applications that should interoperate in order to provide context-dependent information to the users. Interoperability requirements are usually fulfilled by establishing shared communication protocols (SOAP, JSON, IIOP, and so on) and connection mechanisms (for instance, Wi-Fi or BlueTooth). Therefore, software solutions in ubiquitous systems tend to be highly bond to specific communication-related technologies, making it increasingly complex to incorporate new communication technologies used by end users who are added to the system. In this paper we present various technology independent models and a platform to overcome this problem by decreasing the level of cohesion between communication technologies and software applications to be developed in heterogeneous ubiquitous systems. In fact, this mobile platform is built by instantiating the proposed models to support the development of collaborative applications on scenarios of mobile forensics.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Systems]: Information Interfaces and PresentationGroup and Organization Interfaces; D.2.12 [Software Engineering]: Interoperability; J.3 [Life and Medical Sciences]: Medical Information Systems

General Terms

Design

Keywords

Ubiquitous Computing, Mobile Systems, Collaborative Systems, Interoperability, Software Engineering, Forensic Sciences

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.

Interaccion '12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10 ...\$15.00.

1. INTRODUCTION

The commercial success of mobile devices has initiated the transition from traditional computing environments, where devices appear situated in a very specific place and whose user interaction is “intrusive”, to ubiquitous computing environments, where devices are available everywhere and whose interaction should be “as much natural as possible” [21].

In ubiquitous systems, entities (services, applications, agents or devices) exchange information in a shifting networking environment [3] where heterogeneous communication technologies usually have to co-exist [7]. For example, in home automation environments, it is common to combine specific protocols, like KNX [10] or LonWorks [6], with more general purpose ones, like SOAP [9] or IIOP [15], in order to offer end-users the opportunity to remotely interact with their home devices from their mobile phones, personal computers, etc. Fulfilling interoperability requirements has usually involved establishing shared communication protocols (SOAP, IIOP, and so on) and connection mechanisms (for instance, Wi-Fi or BlueTooth) [19]. As a consequence, software in distributed systems, and more recently in ubiquitous systems, has trended to be highly bond to specific communication-related technologies, that is, protocols, mechanisms, etc [14]. This is a general problem in practice for the process of transferring information between new, different entities, as for the example of collaborative applications [2].

In this way, since communication protocols and specifications are very quickly outdated due to the increasing demands of the consumers (speed, range, power consumption, etc.), software developers, in many cases, have to re-implement existing software in order to accommodate new communication technologies or, in other cases, they have to incorporate these new technologies by combining them with the previously existing ones, in an effort to maintain backward compatibility [1]. However, in both cases there exists a high level of cohesion between the software solutions and the communication technologies that are used, which decreases maintainability [20] and increases production costs each time software is updated [12].

In this paper, several models and mechanisms are proposed in order to overcome previous problems by decreasing the level of cohesion between communication technologies and software applications using heterogeneous ubiquitous systems. The main idea is to separate software from specific communication technologies introducing a new layer

in design for managing communication complexity in this kind of systems. This proposal also promotes an easier software development and integration of different protocols and mechanisms, thus enhancing software interoperability, while not decreasing its maintainability.

The remainder of the paper is structured as follows: Section 2 introduces the independent models that cover with required communication functionalities in order to support interoperability in heterogeneous ubiquitous systems. Section 3 presents a platform that stems from an instantiation of the proposed models intended to support the development of collaborative applications in mobile forensic scenarios. In Section 4 other works related to the proposal are reviewed. Finally, Section 5 summarizes conclusions and possible lines of future work.

2. MODELING COMMUNICATIONS FOR HETEROGENEOUS UBIQUITOUS SYSTEMS

The extra difficulty of incorporating multiple communication technologies in ubiquitous systems should be balanced with a better availability of powerful techniques providing the needed abstractions to manage development complexity. In this section we propose several technology independent models related to the basic communication functionalities that should be present in ubiquitous systems [11]:

- **Message exchanging**, that is, one-to-one communications between context-aware and services.
- **Distribution of events** to notify state changes in an application to other applications.
- **Dynamic discovery** of nearby entities to exchange messages or notify events.

Any software entity in a ubiquitous system, independently of its nature (a service, an application, a device, etc.) and the used development technologies (protocols, mechanisms, paradigms, etc.), should have basic communication functionalities, very relevant in the collaborative systems domain, associated with message exchange (chats, videoconference, etc.), event notification (UI replication, push messages, etc.) and dynamic discovery (spontaneous social networks, location-aware ad systems, etc.). The following subsections describe in detail the specific technology-independent models.

2.1 Message Exchanging

Message exchanging is commonly used for one-to-one communications between applications and services. The wide range of requirements associated with ubiquitous systems usually involves integrating several existing technologies and protocols, which usually involves higher development complexity. The technology independent model depicted in Fig. 1 is intended to overcome this drawback. The elements represented in this model are described in Table 1.

Message and *Marshallable* elements can be instantiated with different communication protocols to exchange information between heterogeneous *Proxies* and *Servants* through one or more *CommunicationDevices*. These technology independent concepts enable the integration of different technologies, thus enhancing software interoperability, while promoting the separation between the operational logic and the

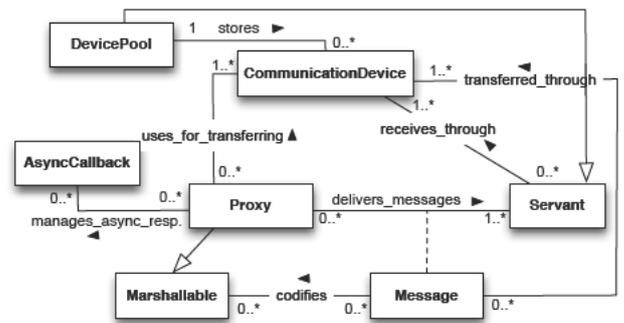


Figure 1: Message exchanging model

Table 1: Elements of the proposed message exchanging model

Element	Description
Message	Information exchanged between a sender and a receiver (usually between applications and services).
Communication Device	Abstract definition of a communication mechanism (for instance, Bluetooth or Wi-Fi) intended to exchange messages.
Servant	Model of a remotely accessible object.
Proxy	Model of a binding to a servant, to “transparently” access remote objects.
Marshallable	Model of a codifiable object that can be transferred as part of a message.
Async. Callback	Action to be executed whenever an asynchronous message is received.
Device Pool	Stores instantiated <i>communication devices</i> and provides one in case others are not available

specific underlying technologies. Moreover, *proxies* and *servant* can be considered high level abstractions over the entities in a ubiquitous system that communicate through message passing.

In order to be able to integrate communication technologies as needed, the *Device Pool* is provided. This pool stores *CommunicationDevice* instances and automatically provides one at run-time, in case others are not available, so as to provide mobility support. Furthermore, each provided instance of a *CommunicationDevice* incorporates several mechanisms to support both “off-line” and “on-line” operation modes within. The goal of these mechanisms is, in general, to transparently store messages that can not be delivered and to try to send them whenever it is possible. It is important to note that the *DevicePool* is remotely accessible by every entity of an ubiquitous system. This way, all the entities can retrieve shared *CommunicationDevice* instances in order to interoperate with other entities. Moreover, entities may store new instances of *CommunicationDevices* so as to incorporate new communication mechanisms to the system. For example, if an entity (a) detects that a *Communica-*

tionDevice instance is not present in the DevicePool, it can store it. From that moment on, another entity (b) could use this new CommunicationDevice instance to interoperate with (a). Software developers may use different communication technologies stored in the pool for exchanging information between different proxies and servants, which enhances mobility and interoperability support. For example, some proxies may communicate with servants through WAN connections, while others could make use of PAN connections, depending on their specific requirements (mobility support, efficiency, etc.) and their context (a network infrastructure is unavailable, the device battery has a low charge level, etc.).

At functional level, proxies communicate with servants through messages in order to make requests and to receive their corresponding replies. Messages will consist of a set of marshallables, that is, a set of values that are codified as specified in a concrete communication protocol. Additionally, the proposed framework supports the reception of asynchronous replies through asynchronous callbacks. Finally, as previous mentioned, messages will be transferred between proxies and servants through communication devices, which will be stored in the DevicePool.

2.2 Event Notification

Entities may communicate changes in their internal state to a set of other interested entities, thus requiring event notification. For example, in an instance of a mobile shared workspace, if a shared file is changed, then an event should notify other instances of the same workspace of this occurrence in order to achieve a consistent file state. In Fig. 2, the devised event notification model, based on PubSub paradigm, is depicted using a UML class diagram.

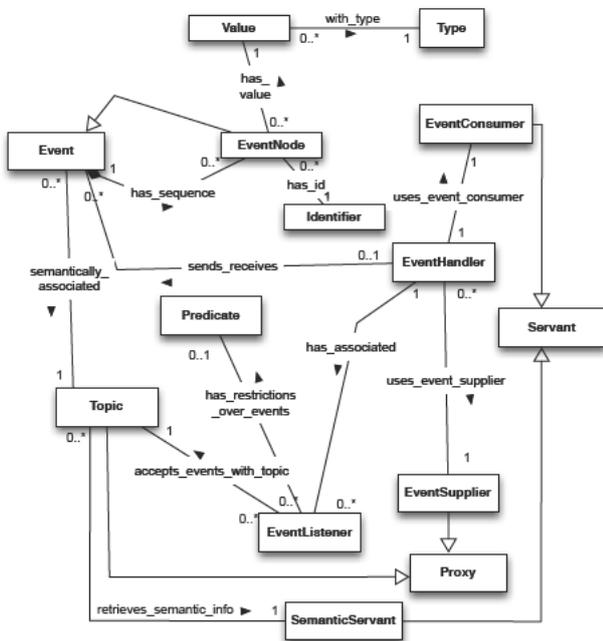


Figure 2: Event notification model

Previous model aims to support event notification inde-

pendently of the technology that is used to implement it. For example, this model could be instantiated using CORBA Notification Service or DDS. Technology independence is mainly achieved by instantiating EventConsumer and EventProducer elements. Also, although previous figure is simplified, it is possible to access the DevicePool, like in the message exchanging model (see Fig. 1) in order to retrieve or store specific communication mechanisms that can be shared between the entities of a ubiquitous system, thus contributing to their interoperability.

Events are modeled as a collection of event nodes, each of them associated with an identifier and a typed value. Events are associated with semantic information (topics) (like in DDS specification), which is stored in a Semantic Servant. This way, it is allowed to access shared topics associated with each received event and “topic” based subscriptions are enabled.

The elements that provide support for publishing and subscribing to event topics are EventListeners and the EventHandler. An EventListener allows establishing the actions to be executed whenever a notified event is related to a specific topic and accomplishes a specific Predicate. Predicates enable “content” based subscriptions. The EventHandler is responsible for receiving published events (through a CommunicationDevice) and delivering them to the appropriate listeners. The proposed Event model is detailed in [16].

Developers will be able to use this event notification model by instantiating EventListeners and publishing events through the EventHandler. Whenever an event is published, the event listeners will execute their related actions if their associated predicates are fulfilled by the received event. Furthermore, the EventHandler and the EventListeners provide high level abstractions hiding the technologies and mechanisms that are used to publish and receive notifications in ubiquitous systems.

2.3 Dynamic Discovery

In ubiquitous systems, entities should be able to dynamically discover other entities that are physically placed around them (or that are accessible through the underlying communication mechanisms) in order to interoperate with them. How entities are discovered depends specifically on the underlying technology (i.e., Wi-Fi, BlueTooth, etc.). In Fig. 3 it is depicted the proposed model to support dynamic discovery of entities using different underlying technologies. This model consists of a Mobile Discoverer, which specifies a method for dynamically discovering entities, and a MobileDiscoveryListener, which asynchronously triggers actions whenever a MobileDiscoverer provides new results.

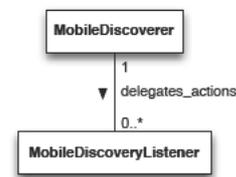


Figure 3: Dynamic discovery model

The separation between the implementation of the specific discovery algorithm and the actions to be executed whenever

an entity is discovered or removed from a specific environment allows improving maintainability (i.e., discovery algorithm should not be related to the specific discovery-related actions to be executed) and reusability (i.e., actions are usually independent of a specific communication technology and could be reused between discovery algorithms). In addition, we consider that the actions should be always executed asynchronously, since it is not possible to limit the time needed for executing most of the existing discovery algorithms and the discoverer entity should never stop its execution flow.

At run-time, the different instances of the *mobile discoverer* will try to detect nearby entities. Developers will be able to determine how the entities will react when another entity enters or leaves the system.

3. A MOBILE FORENSIC PLATFORM

3.1 General Description

The previous section has introduced models that have been the basis for the design of a Mobile Platform intended to support collaboration applications in forensic scenarios. The three technology independent models have been gathered in a communication layer intended to separate low-level software/hardware resources from software at application level. The Fig. 4 outlines this layer-oriented logical architecture in which a Communication Layer gathers the proposed models. This adopted design aims to be a general solution for our proposal, however, the models can be instantiated using available technologies for a specific domain, as it will be described below in the case of forensic scenarios.

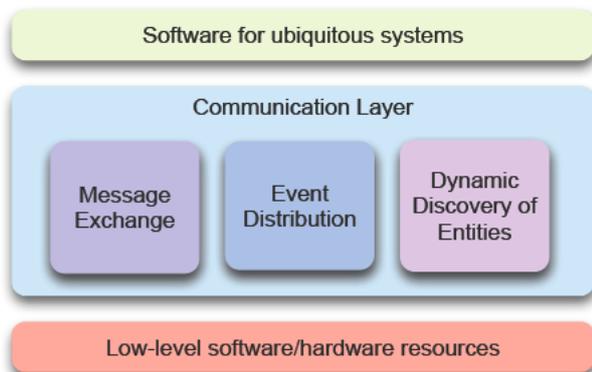


Figure 4: Overview of the software architecture of the proposal

Governments and specific police forces (like Interpol) apply protocols of action intended to support victim identification in different scenarios: natural disasters, accidents, terrorist attacks, murders, etc. These protocols try to deal with how victim data is collected and how professionals (e.g., members of police forces and forensic experts) have to cooperate.

Currently, governments and police forces do not use supporting technologies for both in-situ data collection and cooperation, since it was necessary to fulfill several requirements that, until recently, could not be technologically ad-

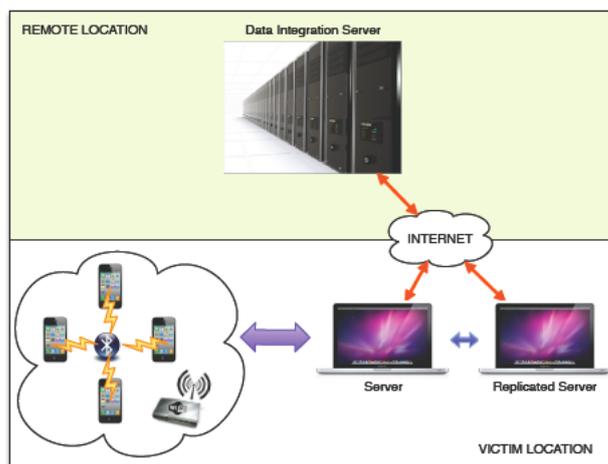


Figure 5: Mobile Forensic Platform Architecture

dressed. In particular, some of the most challenging ones were:

- **Data collection.** Since there are several official protocols intended to support victim identification, it was not possible to specify a uniform data model for collecting and sharing information. Thus, software solutions had to be “customized” for each specific protocol and scenario.
- **Data sharing.** In order to share information in a group or even between different groups (e.g. police and forensic experts), software applications made use of common network infrastructures, like Internet, which may not be available in some scenarios (e.g., maritime accidents, natural disasters, rural environments, etc.).

The Mobile Forensic Platform intends to assist forensic experts in collecting *in-situ* data about victims, while overcoming previous problems from an innovative perspective. In this platform it is required to exchange information with nearby applications, devices, etc. so as to support data sharing between forensic experts. This platform makes use of the architecture that is shown in Figure 5. It is important to remark that, although this architecture is the advised one, none of its elements is totally required, except for the devices to execute the application by final users. This way, professionals, will not be limited, in any case, by the availability of a specific underlying communication technology.

In this architecture, devices can exchange information, for instance, by making use of Bluetooth technology. This way, a network infrastructure is not necessary. These devices exchange information with two servers that could ideally be available in location (as the only basic desirable infrastructure provided by the official institutions that are acting in the disaster, accident, crime, etc.). These servers will always store the last available data (victim information, multimedia, etc.) collected with the mobile devices used by the forensic experts. The two servers are advised to ensure that, in case of a critical failing happens in the main server, the replicated server will be available instead (without losing any data). The mobile devices would mainly exchange information with servers by making use of Wi-Fi since it is a

quicker than BlueTooth. However, if Wi-Fi is not available, devices will make use of BlueTooth. In order to provide a Wi-Fi connection, the infrastructure must include a Wi-Fi router.

Whenever Internet is available, servers will communicate the information that they store to a remote data integration server, which will be dependent of the specific official institution that makes use of the Mobile Forensic Platform. Additionally, if required, *in-situ* servers may communicate their information to more than one remote server (e.g., more than one official institution, replicated servers, etc.).

3.2 Mobile Forensic Platform by the Model Instantiation

The Mobile Forensic Platform supports several functionalities associated to communication and collaboration between experts in a specific forensic scenario (crime scene, natural disaster, multiple-victim accident, and so on):

- **Informal communication.** Support for making voice-calls and text messaging between forensic experts.
- **Document authoring.** Collected information about victims is associated to an author and to a time stamp. Documents (texts, images, videos, etc.) and their authoring information are available for every expert in a specific forensic scenario.
- **Concurrent document modification.** Forensic experts are allowed to modify the same document at the same time and to observe other' changes in real-time.
- **Automatically synchronized changes.** Each change to a document is automatically (and transparently) synchronized between forensic experts, even if they lose their connection and they re-connect after a while.
- **Security and privacy of shared information.** Rules are established for specifying access control, how and which data is exchanged, etc.

These functionalities do not rely on specific communication technologies or mechanisms, since the Mobile Forensic Platform aims to be adaptable to the requirements of any official authority. On the contrary, the platform has been designed by making use of a specific implementation of the communication models proposed in Section 2 in order to automatically and transparently switch between available technologies when needed. For instance, depending on the specific scenario:

- If a Wi-Fi connection is available (e.g., a Wi-Fi router is carried out to the scenario by the authorities), the platform tries to use it in order to exchange information as fast as possible.
- Whenever a Wi-Fi connection is not available, the platform relies on the BlueTooth technology to exchange information between nearby professionals.
- If an Internet connection is available (through Wi-Fi or through a cellular data network, like GPRS), information is synchronized with a remote server, so as to allow the synchronization of the collected information between remote scenarios (the crime scene, the lab, the headquarters of the official authority, etc.).

- If several official authorities may work together in a forensic scenario, then the platform will enable interoperability by transparently switching to their common communication technologies and mechanisms.

The specific implementation of the models are described in Table 2. The elements that are not described in this table are independent of the communication technology due to their specific design in the proposed models. A full implementation of all the communication models is part of an open-source middleware called BlueRose [13].

Table 2: Description of the implementation of the proposed interoperability models

Model	Implementation
Message exchange	
Message	Messages are codified using either ICE protocol [22] or JSON [5]. Messages are used to exchange one-to-one information between users (text, images, audio, video, etc.) and to interact with remote services.
Communication Device	An implementation for the Wi-Fi standard and another one for the BlueTooth standard.
Event notification	
Event and Topic	Events are notified whenever a user changes a document (text, images, videos, etc.), when a user wants to deliver a text message to more than one receiver or when a user wants to initiate a voice-call with another user.
Event producer and consumer	If Wi-Fi communications are used, then it is used a centralized service that delivers each event to the appropriate receivers. If BlueTooth is used, then events are delivered through broadcasts.
Dynamic discovery	
Mobile Discoverer	Two mobile discoverer have been implemented: one for Wi-Fi and another one for BlueTooth communication mechanisms.
Mobile Discovery Listener	A mobile discovery listener has been implemented to show a list of nearby experts to the user. Another one has been implemented to execute an algorithm to synchronize the information stored in the mobile device whenever a new nearby expert is detected.

The Mobile Forensic Platform has been implemented for iOS devices (iPhone, iPad and iPod Touch). Several screenshots of the resulting mobile application are shown in Fig. 6.

In previous figure, several functionalities of the Mobile Forensic Platform are depicted: a text and voice chat (A), a shared whiteboard for drawing an outline of a body description (tattoos, body marks, etc.) over several body pictures (front, back, top, both sides, hands, etc.) (B), shared information about a victim (C) and all the information collected about a person by a set of collaborating forensic experts (D).



Figure 6: Mobile Forensic Platform in iOS devices

4. RELATED WORK

A small number of research works have previously addressed the problem of decreasing the complexity of supporting interoperability in ubiquitous systems with heterogeneous communication technologies.

Getov et al. [8] propose a multiparadigm solution to deal with communications in grid computing. This proposal deals with message exchanging, event notification and dynamic discovery of shared resources. In addition to be oriented to grid computing, the main difference between this approach and the proposal presented herein is that it is specifically oriented to Java programming, whereas our proposal is independent of a language and a technology, thereby separating the implementation of the entities (applications, services, agents, and so on) from specific communication technologies.

UIC-CORBA [17] is a reflective middleware supporting different communication paradigms and mobile devices. Its architecture is based on CORBA, which, unlike the proposal presented herein, makes it complex to instantiate it on the basis of more modern middleware solutions for ubiquitous systems, like Mobile-Gaia [18], which supports dynamic discovery of nearby resources through Bluetooth and IrDA discovery protocols.

OpenORB [4] is a middleware to deal with message-oriented and event-based communications in distributed systems. It supports the configuration of several types of middleware instances due to its reflective capabilities. However, this solution is not oriented to ubiquitous systems and it does not cope with the dynamic discovery of resources.

SeDiM [7] is a middleware framework to allow heterogeneous service discovery protocols to interoperate. The work presented herein complements this work by also incorporating models to support message exchanging and event notification between heterogeneous applications, services, etc.

Finally, in contrast with other middleware solutions specifically developed for ubiquitous systems, our proposal aims to be more technology-independent and to offer a higher abstraction level over the supported functionalities, like message exchanging, event notification and dynamic discovery.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The proposal described in this paper provides technology independent models to support a manageable interoperability in ubiquitous systems through a layer separating between low-level software/hardware resources and software at application level. The aim is to decrease the level of development complexity that entails the incorporation of heterogeneous communication technologies. The research work provides models related to three communication functionalities: message exchanging, event notification and dynamic discovery of nearby entities. These models are instantiated on the basis of communication mechanisms and protocols, since the proposal aims to be independent of a concrete set of communication technologies. Also, the implementation of the proposed models are highly reusable, since they are also independent of the end-user software that is built on top of them. Both benefits contribute to improve maintainability, since the usage of specific technologies is isolated from the actual implementation of the software solutions, making it easier to detect or mitigate development deficiencies and to meet new requirements in the future. A mobile platform to support collaboration and communication between forensic experts has been presented in order to show the applicability of the proposal.

In spite of the benefits of the proposal, it is important to note that, since the communication layer adds an extra abstraction layer over existing communication technologies, the efficiency of the software that is developed on top of it might be affected negatively in comparison to *ad-hoc* developments. So far we do not have empirical results nor measures, but current tests and the implementations carried out do not present any observable penalty in efficiency.

As future work, we expect to extend the proposed models by incorporating new elements for QoS and coordination support. Moreover, the efficiency of the proposal should be evaluated to effectively measure the impact in the efficiency that results from adding new abstraction levels over existing technologies. The communication layer is currently being incorporated to a software framework intended to facilitate the design and implementation of context-aware applications and services in ubiquitous systems. Furthermore, the models proposed herein are mainly related to the structural view of the communication functionalities more commonly associated with ubiquitous systems, although a brief description of the behavior is also given. To this respect, we are currently researching development guidelines to help software engineers into incorporating these models into their developments through the mentioned software framework. Finally, we are in the process of specifying a high level model that can better conceptualize the communicating entities in a ubiquitous system on the basis of the models presented herein by isolating from communication mechanisms.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This research work is funded by the Project P10-TIC-6600 granted by the Andalusian Regional Government, and the Project 20F2/36 granted by CEI-BioTIC Granada. This work has also been partially supported by the “Contrato-Programa, Facultad de Educación y Humanidades de Ceuta 2010-2012” of the University of Granada.

7. REFERENCES

- [1] J. Barton and HP Labs at Palo Alto, CA. Software upgrade in ubiquitous computing. *Proc. of Pervasive*, 2004.
- [2] P. A. Bernstein. Middleware: a model for distributed system services. *Communications of the ACM*, 39(2):86–98, February 1996.
- [3] A. Corradi, E. Lodolo, S. Monti, and S. Pasini. Dynamic reconfiguration of middleware for ubiquitous computing. *Proceedings of the 3rd international workshop on adaptive and dependable mobile ubiquitous systems*, pages 7–12, 2009.
- [4] G. Coulson, G. Blair, N. Parlavantzas, W. K. Yeung, and W. Cai. A reflective middleware approach to the provision of grid middleware. *Proc. First Intl. Workshop on Middleware for Grid Computing*, 2003.
- [5] D. Crockford. Json: Rfc4627. *The Internet Engineering Task Force (IETF)*, 2006.
- [6] Echelon Corporation. LonWorks. Available online at: <http://www.echelon.com/technology/lonworks/>.
- [7] C. Flores, P. Grace, and G. S. Blair. Sedim: A middleware framework for interoperable service discovery in heterogeneous networks. *ACM Transactions on Autonomous Adaptive Systems*, 6(1), 2011.
- [8] V. Getov, G. von Laszewski, M. Philippsen, and I. Foster. Multiparadigm communications in java for grid computing. *Communications of the ACM*, 44(10):118–125, 2001.
- [9] M. Gudgin, M. Hadley, N. Mendelsohn, J. J. Moreau, H. F. Nielsen, A. Karmarkar, and Y. Lafon. Soap version 1.2 part 1: Messaging framework (second edition). *W3C Recommendation*, 27, 2007.
- [10] International Organization for Standardization (ISO). KNX Specification. *ISO/IEC 14543-3*, 2006.
- [11] M. Maia, L. Rocha, and R. Andrade. Requirements and challenges for building service-oriented pervasive middleware. *Procs. of the 2009 intl. conf. on pervasive services*, 2009.
- [12] S. Mukherjee, E. Aarts, R. Roovers, F. Widdershoven, and M. Ouwerkerk. Amiware: Hardware technology drivers of ambient intelligence. *Springer*, 2006.
- [13] MYDASS Research Group. Bluerose. Available online at: <http://code.google.com/p/thebluerose>.
- [14] K. Nadiminti, M. D. D. Assuncao, and R. Buyya. Distributed systems and recent innovations: Challenges and benefits. *InfoNet Magazine*, 16(3), 2006.
- [15] OMG. Common object request broker architecture (corba) specification version 3.1. part 2: Corba interoperability. *OMG Specification*, pages 1–260, Jan 2008.
- [16] C. Rodríguez-Domínguez, K. Benghazi, M. Noguera, M. Bermúdez-Edo, and J. L. Garrido. Dynamic ontology-based redefinition of events intended to support the communication of complex information in ubiquitous computing. *Journal of Network Protocols and Algorithms*, 2(3):85–99, 2010.
- [17] M. Román, F. Kon, and R. H. Campbell. Reflective middleware: From your desk to your hand. *IEEE Distributed Systems Online*, 2(5), 2001.
- [18] C. Shankar, J. Al-Muhtadi, R. Campbell, and M. D. Mickunas. Mobile gaia: A middleware for ad hoc pervasive computing. *IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2005)*, January 2005.
- [19] T. Strang and C. Linnhoff-Popien. Service interoperability on context level in ubiquitous computing environments. *Proceedings of the International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Education, Science, Medicine, and Mobile Technologies on the Internet (SSGRR2003w)*, 2003.
- [20] D. I. Tapia, R. S. Alonso, F. De la Prieta, C. Zato, S. Rodríguez, E. Corchado, J. Bajo, and J. M. Corchado. SYLPH: An ambient intelligence based platform for integrating heterogeneous wireless sensor networks. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 2010.
- [21] M. Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94–104, September 1991.
- [22] ZeroC. Ice 3.4.2 manual. Available online at: <http://www.zeroc.com/Ice-Manual.pdf>, 2011.

Un Marco de Trabajo para el Desarrollo de Sistemas Colaborativos Organizacionales

Sergio L. Antonaya
Universidad de Castilla - La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071, Ciudad Real
+34 678 83 48 87

Crescencio Bravo
Universidad de Castilla – La Mancha
Paseo de la Universidad, 4
13071, Ciudad Real
+34 926 29 53 00 Ext. 6477

Jesús Gallardo
Universidad de Zaragoza
Ciudad Escolar, s/n
44003, Teruel
+34 978 61 81 02

Sergio.L.Antonaya@gmail.com

Crescencio.Bravo@uclm.es

Jesus.Gallardo@unizar.es

RESUMEN

Todo parece indicar que el futuro de los sistemas colaborativos pasa por la incorporación de los usuarios finales a los procesos de desarrollo y la inclusión de mecanismos de adaptabilidad en este tipo de software, de forma que cada usuario sea capaz de ajustarlo a sus necesidades particulares en un momento dado. En el caso concreto de los entornos organizacionales estas propiedades de adaptabilidad deben abarcar además otros aspectos relacionados con la naturaleza propia de las organizaciones. Por ello, en este artículo presentamos un marco de trabajo que permite simplificar la creación de sistemas colaborativos organizacionales adaptables mediante el uso de modelos y componentes.

Categorías y Descriptores

H.5.3 [Information Systems]: Group and Organization Interfaces - Collaborative computing, Synchronous interaction, Theory and models.

Términos Generales

Design, Human Factors, Theory.

Palabras Clave

Computer Supported Cooperative Work, Collaborative Systems, End-User Development, Tailorable Software, Organizations.

1. INTRODUCCIÓN

La consolidación de tecnologías como la *Web 2.0* o de dispositivos como los *teléfonos inteligentes* y las *tabletas*, ha llevado al ser humano a un estado de inter-conexión permanente que a su vez ha propiciado la aparición de nuevas herramientas colaborativas como las *Wikis* o las *Redes Sociales*. Este escenario tecnológico también ha venido acompañado de nuevos modelos de *Sistemas de Información* (SI) y paradigmas de desarrollo como es el caso del *Cloud Computing*. Este paradigma no sólo ofrece numerosas ventajas de cara al desarrollo de software, sino que además permite a los usuarios compartir espacios de trabajo y recursos, lo que debería extender el uso de entornos colaborativos.

Por otro lado, este nuevo tipo de herramientas y entornos colaborativos ha modificado además el comportamiento de los usuarios finales, que ahora muestran perfiles más activos en dos tipos de actividades en particular: la *generación de contenidos digitales* y la *composición de entornos de trabajo* personalizados mediante procedimientos como la selección e instalación de aplicaciones ubicadas en repositorios on-line.

Todo el anterior contexto pone de manifiesto que el futuro de la interacción de los usuarios con el software colaborativo pasa por potenciar las capacidades de personalización de estos sistemas, atendiendo a dos objetivos particulares: simplificar el mantenimiento de los sistemas colaborativos en entornos cada vez más dinámicos y cambiantes, y permitir que los usuarios que no disponen de conocimientos técnicos puedan adaptar los entornos de trabajo a sus necesidades y preferencias específicas [9]. Las principales líneas de investigación llevadas a cabo en este sentido se han enmarcado dentro de paradigmas como *Model-Driven Architecture* (MDA), *Component-Based Development* (CBD), *End-User Development* (EUD) y *Tailorable Software* (TS), los cuales en general persiguen proporcionar un conjunto de *métodos, técnicas y herramientas* que faciliten la *creación, modificación y extensión* del software por parte tanto de los desarrolladores como de los usuarios finales [9].

En el presente artículo se presenta un marco de trabajo que pretende satisfacer los dos objetivos anteriores, proporcionando a los desarrolladores de software las herramientas necesarias para construir sistemas colaborativos organizacionales fáciles de mantener, y que además presenten las características necesarias para que los usuarios finales puedan adaptar y extender dichos sistemas a fin de satisfacer sus necesidades particulares. Este marco de trabajo incluye un *Modelo Conceptual* en el que se definen las áreas conceptuales que según nuestro enfoque permiten especificar entornos colaborativos organizacionales; un *Modelo de Componentes* específicamente ideado para la implementación de procesos interactivos y colaborativos; y finalmente una propuesta de *Arquitectura Tecnológica* que soporte el despliegue de los sistemas colaborativos especificados mediante el *Modelo Conceptual* y el *Modelo de Componentes*.

El artículo se organiza en cinco secciones: la sección 2 expone los principales trabajos realizados relacionados con el desarrollo de sistemas colaborativos desde los enfoques de MDA, CBD, EUD y TS; en el punto 3 se exponen los tres componentes del marco de trabajo: el *Modelo Conceptual*, el *Modelo de Componentes* y la *Arquitectura Tecnológica*; en el apartado 4 se expone un caso de estudio, y finalmente en la sección 5 se exponen las conclusiones obtenidas y se proponen algunas líneas de investigación futuras derivadas del presente trabajo.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Gran parte de los trabajos que se han realizado hasta la fecha en el área del *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) se han centrado en la búsqueda de nuevos mecanismos que mejoren la colaboración en el seno de un grupo de trabajo a través del soporte a los procesos de *comunicación, coordinación y cooperación* [16]. Sin embargo, a nivel organizacional existen otras particularidades del trabajo en grupo que deberían ser también consideradas, como la definición de *estructuras organizativas*, la gestión de *flujos de trabajo colaborativos*, o la *adaptación del software colaborativo* a la heterogeneidad de necesidades y preferencias particulares de cada miembro de un grupo de trabajo [1]. A pesar de que algunos trabajos como el sistema AMENITIES [6] o el marco de trabajo presentado en [2] abordan estas cuestiones de manera conjunta, la mayor parte de las propuestas que se han realizado no ofrecen perspectivas integradoras, o lo hacen sin la profundidad necesaria.

2.1 Colaboración y Diseño Organizacional

El campo del *diseño organizacional* se centra en definir estructuras que permitan una gestión eficiente de los procesos y recursos de la organización. En este sentido, existen algunos trabajos que abordan la relación existente entre la estructura de las organizaciones y la implantación de nuevas tecnologías. Por ejemplo, en [4] se proporciona una revisión detallada de algunos nuevos modelos de estructura surgidos a raíz de la evolución de la tecnología, tales como las organizaciones en *red*, las *organizaciones virtuales* o las *adhocracias*. En [12] se introducen algunos modelos conceptuales que permiten incluir el dominio de las estructuras organizacionales en los procesos de desarrollo. El marco de trabajo para el modelado de aplicaciones *groupware* interactivas CIAM [10], incluye la elaboración de *sociogramas* en su propuesta metodológica. En [6] se señala la importancia de considerar tanto los aspectos estáticos como los dinámicos de las organizaciones. Finalmente, en [3] se señala que la investigación en CSCW debería incorporar prácticas centradas en el diseño organizacional y que uno de sus objetivos principales debería ser encontrar mecanismos para adaptar la tecnología a las organizaciones y viceversa.

En general, todos estos trabajos revelan que el desarrollo de sistemas colaborativos destinados a entornos organizacionales requiere profundizar en la naturaleza de las organizaciones y en los elementos estáticos que las conforman, los cuales pueden influir notablemente en los procesos de colaboración posteriores.

2.2 Colaboración y Flujos de Trabajo

El área de los *flujos de trabajo* se centra en estudiar métodos que permitan estructurar, ordenar y relacionar los diferentes procesos que tienen lugar dentro de una organización, así como construir sistemas que proporcionen un soporte adecuado a la ejecución de dichos procesos. Por ello, aquellas organizaciones que pretendan implementar sistemas tecnológicos en busca de una mayor productividad o eficiencia en su actividad, deberían modelar con anterioridad los correspondientes flujos de trabajo. La importancia de una buena definición y gestión de los flujos de trabajo ha sido evaluada en [8], donde se señala que la adopción de *Sistemas de Gestión de Flujos de Trabajo* (SGFTs) permite obtener mayores niveles de productividad o mejores tiempos de respuesta en los servicios ofrecidos, y que el uso de sistemas tecnológicos que apoyen la ejecución de flujos de trabajo requiere considerar numerosos aspectos organizacionales y sociales, además de los técnicos.

Por otro lado, muchos de los trabajos llevados a cabo en el campo de los flujos de trabajo desde ámbitos tanto académicos como no académicos pretenden proporcionar métodos formales o semi-formales para la descripción de flujos de trabajo a través de modelos o notaciones. De esta manera, fuera del ámbito académico se pueden encontrar algunos estándares para la especificación de procesos de negocio o flujos de trabajo, como *Business Process Management Notation* (BPMN) o *Workflow Management Facility* (WMF), ambas elaboradas por el *Object Management Group* (OMG). Dentro de un ámbito más académico, algunas de las propuestas más relevantes que se pueden encontrar son *ConcurTaskTrees* (CTT) [11], que se centra en los aspectos concurrentes e interactivos de las tareas a modelar, o YAWL [15], que se basa en la aplicación de *redes de Petri*.

Como se puede observar, los flujos de trabajo constituyen una parte fundamental de una organización. Sin embargo gran parte de las propuestas realizadas no están orientadas a su aplicación en el ámbito de los sistemas colaborativos. Este tipo de sistemas están caracterizados por una interacción entre humanos y tecnología mucho más estrecha y cambiante, y requiere mecanismos de especificación que además de incluir los aspectos estáticos y automatizables de los procesos de negocio contemplen la impredecibilidad del comportamiento humano.

2.3 Colaboración y Software Colaborativo

La investigación en el campo de la colaboración abarca cuestiones generales como la mejora de las capacidades de *comunicación, coordinación y cooperación* de los sistemas software, y también algunas más específicas, como la búsqueda de nuevos mecanismos para proporcionar soporte a los procesos de *awareness* o de *interacción*. Respecto a este último aspecto, gran parte del interés se centra en desarrollar nuevos mecanismos que permitan manejar la variedad de necesidades, aptitudes o preferencias que generalmente muestran cada uno de los diferentes usuarios de un sistema colaborativo. Destaca por lo tanto la mayor necesidad de disponer de sistemas adaptables en el ámbito del software colaborativo frente al caso del software mono-usuario tradicional. Muchos trabajos realizados en esta línea han propuesto nuevos modelos de sistemas adaptables basándose en el paradigma CBD y en los procesos de composición: la plataforma *CocoWare.Net* [13] proporciona un conjunto de componentes, en su mayor parte destinados a proporcionar diferentes mecanismos de comunicación que los usuarios pueden combinar para modificar el sistema. El conjunto de herramientas *GroupKit* [7] contiene una serie de librerías que permiten reducir el nivel de complejidad del proceso de desarrollo de software colaborativo al del desarrollo de software monousuario, pero que no permiten construir sistemas adaptables. Otro enfoque interesante es el del sistema EVOLVE [14] que proporciona un modelo de componentes basado en la conexión a través de puertos con el que es posible construir interfaces de usuario adaptables.

Sin embargo, a pesar de todas las propuestas existentes, existen dos problemas que persisten en el ámbito del software colaborativo: por un lado, la adaptabilidad del software se ha logrado implementar con éxito casi exclusivamente en el caso de las interfaces de usuario; en segundo lugar, no se ha conseguido proporcionar el nivel de flexibilidad requerida por los procesos de composición en los que generalmente se basa el paradigma CDB para que estos puedan ser llevados a cabo por los usuarios finales de los sistemas.

3. MARCO DE TRABAJO

En las siguientes secciones se presentaran los tres elementos que conforman la base del marco de trabajo: un *Modelo Conceptual*, un *Modelo de Componentes* y una *Arquitectura Tecnológica*.

3.1 Modelo Conceptual

El modelo conceptual que proponemos se compone de tres metamodelos que se mostrarán a continuación mediante diagramas de clases UML correspondientes a los tres dominios que se han tratado en la revisión del apartado 2 y a los cuales los hemos denominado como dominios de *Estructura*, *Actividad* e *Instrumentación*. Estos metamodelos proporcionan a los desarrolladores y usuarios finales una referencia semi-formal de alto nivel a partir de la cual se pueden elaborar nuevos modelos de entornos colaborativos organizacionales, de forma similar a como se realiza en los enfoques basados en el paradigma MDA. El principal interés de considerar algunos aspectos de este paradigma surge de las necesidades de simplificar los procesos de desarrollo de sistemas colaborativos y de incluir a los usuarios finales dentro de estos procesos [5]. El valor de MDA reside en la posibilidad de elaborar diversos modelos que aborden por separado los aspectos conceptuales y tecnológicos, de forma que se favorezca la participación en el proceso de desarrollo de personas sin conocimientos técnicos. De esta forma, el paradigma MDA establece tres tipos de modelos:

- *Computation Independent Models* (CIMS): describen el dominio del problema a resolver, y en nuestro marco de trabajo vendrían dados por los metamodelos que se exponen en los puntos 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3.
- *Platform Independent Models* (PIMs): reflejan las funcionalidades y restricciones del sistema sin entrar en cuestiones tecnológicas, y en nuestro marco de trabajo se obtendrían a partir de los metamodelos propuestos, y equivaldrían a los *componentes genéricos* descritos en el punto 3.2.
- *Platform Specific Models* (PSMs): incorporan detalles específicos de la plataforma tecnológica sobre la que se desplegará el sistema y en nuestro caso particular se obtendrían añadiendo nueva información dependiente de la plataforma a los componentes genéricos anteriores.

3.1.1 Metamodelo de Estructura

El metamodelo de *Estructura* incluye los elementos necesarios para modelar la parte estática de un entorno colaborativo organizacional, esto es, aquellos elementos relacionados con la estructura interna o los roles de la organización. La Figura 1 muestra los elementos que componen este metamodelo:

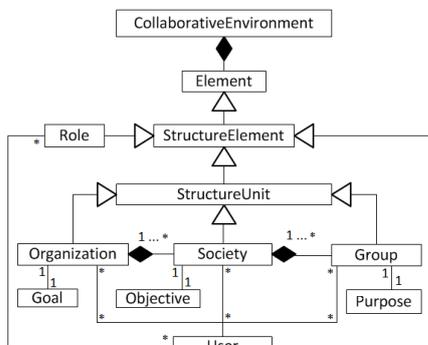


Figura 1. Metamodelo para el área de *Estructura*.

Si bien en la literatura se pueden encontrar numerosos tipos de estructuras organizativas tradicionales no jerárquicas, como por ejemplo la *funcional*, la *geográfica* o la *matricial*, nuestro metamodelo se ha elaborado pensando esencialmente en un esquema jerárquico, que permite además una asociación natural entre el metamodelo de *Estructura* y el de *Actividad*, dado lo habituales que son además los procedimientos de descomposición jerárquica de procesos para especificar flujos de trabajo.

3.1.2 Metamodelo de Actividad

El metamodelo de *Actividad* proporciona los elementos necesarios para modelar la parte dinámica de una organización, esto es, aquellos elementos relacionados con los procesos de negocio que se llevan a cabo. Al igual que en el caso del metamodelo de *Estructura*, hemos adoptado un enfoque jerárquico basado en la descomposición de estos procesos. Esto proporciona dos ventajas: la primera es que la naturaleza colaborativa o cooperativa de los procesos modelados puede ser detallada en los modelos elaborados; la segunda es que los procesos modelados pueden asociarse a diferentes niveles estructurales, de forma que las partes estática y dinámica de la organización se pueden modelar de forma conjunta. La Figura 2 muestra los elementos que componen el metamodelo de *Actividad*:

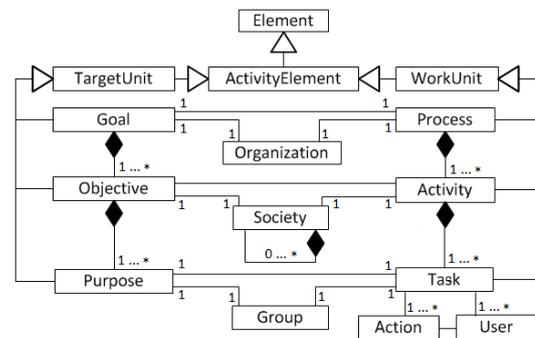


Figura 2. Metamodelo para el área de *Actividad*.

3.1.3 Metamodelo de Instrumentación

Este último metamodelo incluye los elementos necesarios para modelar las herramientas que se emplearan en el entorno colaborativo organizacional, esto es, los instrumentos empleados por los miembros de la organización, tales como espacios de trabajo, herramientas o recursos. El enfoque adoptado permite la posterior realización de procesos de composición que sigan el paradigma CBD, dado que el metamodelo parte de la concepción de un *entorno de trabajo* como la conjunción de varios *espacios de trabajo* en los que se ubicarán diferentes *aplicaciones*, compuestas a su vez por *herramientas* con funcionalidades concretas que harán uso de los *recursos* asociados a las diferentes unidades de la estructura organizacional. La figura 3 muestra los elementos que componen este metamodelo:

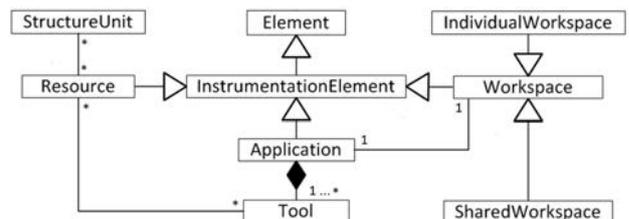


Figura 3. Metamodelo para el área de *Instrumentación*.

3.2 Modelo de Componentes Genéricos

Como ya se expuso en el puntos 2.3, el paradigma CDB constituye una alternativa muy adecuada a la hora de desarrollar sistemas software que satisfagan ciertos requisitos generales como mayores niveles de mantenibilidad o consistencia, así como para simplificar el proceso de desarrollo mediante el manejo de especificaciones de alto nivel de abstracción independientes de la tecnología subyacente. Otras ventajas de este paradigma son particularmente relevantes en el caso de que se pretenda incorporar a los usuarios finales en el proceso de desarrollo (según un enfoque EUD), o cuando se necesite construir software adaptable:

- Se reduce el nivel de complejidad de los procesos de desarrollo mediante la adopción de técnicas de abstracción y composición. Esto ayuda a que usuarios sin conocimientos técnicos puedan involucrarse mucho más en los procesos de desarrollo y mantenimiento.
- Las técnicas de composición mejoran el desarrollo paralelo y distribuido del software, y facilitan la creación de repositorios de componentes reutilizables. Esto cobra especial relevancia al considerar paradigmas como *Cloud Computing* de cara a la evolución futura de los sistemas de trabajo en grupo.

Por ello nuestro marco de trabajo incluye un *Modelo de Componentes* que permite satisfacer tres problemas principales:

- Proporcionar una conexión entre el proceso de modelado de entornos colaborativos que se lleva a cabo a un alto nivel de abstracción empleando los metamodelos propuestos en la sección 3.1, con el proceso de implementación posterior que da lugar a los sistemas funcionales.
- Contar con un mecanismo sencillo que permita especificar los requisitos de interactividad y colaboración propios del software colaborativo, sin entrar en detalles técnicos pero facilitando su posterior implementación en cualquier tipo de plataforma tecnológica.
- Disponer de técnicas de desarrollo que permita dotar a los sistemas de las características de adaptabilidad y reusabilidad requeridas por usuarios y desarrolladores.

3.2.1 Modelo Genérico de Componentes

Tal y como se expuso en el punto 3.1, en nuestro marco de trabajo los modelos CIM definidos por el paradigma MDA vienen dados por tres metamodelos que definen el dominio de los entornos colaborativos organizacionales. Una vez establecido dicho dominio, sería necesario obtener los modelos PIM que especifican las funcionalidades y requisitos del sistema a desarrollar. Además, estos modelos PIM deben además ayudar a simplificar el proceso de desarrollo, a facilitar la incorporación de los usuarios finales a dichos procesos, y a dotar a los sistemas de los niveles de adaptabilidad y extensibilidad deseados. Dadas estas necesidades, nuestro marco de trabajo proporciona un enfoque que permite que los modelos PIM sean implementados como *componentes genéricos* que contendrán toda la información requerida para la generación del sistema colaborativo organizacional final, pero que no incorporarán aun la información tecnológica propia de los modelos PSM. Una vez definido el sistema mediante componentes genéricos, estos podrán ser modificados mediante la incorporación de información dependiente de la plataforma tecnológica sobre la que se realizará el despliegue final, dando lugar a modelos PSM o *componentes no genéricos*.

Para solventar estas cuestiones hemos decidido basar la implementación de los diferentes modelos y componentes en formatos basados en el lenguaje *eXtensible Markup Language* (XML). Dado que XML es un lenguaje estándar y muy flexible, se facilita la correspondencia entre los diferentes modelos propuestos, se alcanza un mayor nivel de extensibilidad para los propios metamodelos, y se logra la independencia de los modelos PIM o componentes genéricos de tecnologías concretas. De esta forma los modelos CIM serán implementados mediante *XML-Schemas*, los modelos PIM se implementarán mediante ficheros XML válidos respecto a los XML-Schemas anteriores, y los modelos PSM finales se obtendrán mediante la incorporación de nuevo contenido tecnológicamente dependiente a los modelos PIM o componentes genéricos, como por ejemplo mediante la inserción de código fuente dentro de los ficheros XML. La Figura 4 ilustra este proceso con el caso de un componente genérico para el área conceptual de *Estructura*:

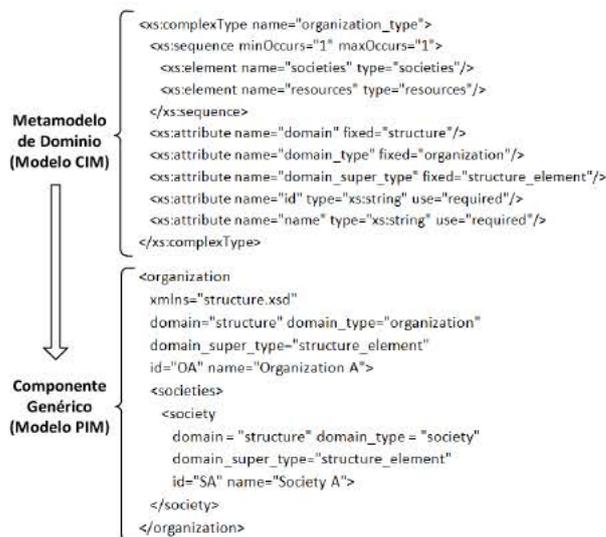


Figura 4. Relación entre metamodelos y componentes genéricos.

En el caso concreto de los componentes asociados al área de *Instrumentación*, estos deben contener información adicional relativa a su apariencia visual, su comportamiento interactivo o los acciones colaborativas que proporcionan. Dado que este tipo de información se encuentra más estrechamente relacionada con las características de la plataforma tecnológica subyacente, es necesario incluir en el modelo de componentes de *Instrumentación* secciones destinadas a albergar la información dependiente de la plataforma sobre la que se desplegará el sistema colaborativo. La Figura 5 muestra un XML-Schema que ilustra esta particularidad:

```

<xs:complexType name="collaborative_application">
  <xs:sequence minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
    <xs:element name="local_behavior" type="xs:string" use="required"/>
    <!-- ACCESO A LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN LOCAL -->
    <xs:element name="remote_behavior" type="xs:string" use="required"/>
    <!-- ACCESO A LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN REMOTA -->
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:string" use="required"/>
  <xs:attribute name="name" type="xs:string" use="required"/>
</xs:complexType>
    
```

Figura 5. XML-Schema asociado a elementos del tipo Activity.

3.3 Arquitectura Tecnológica

El modelo conceptual expuesto en el apartado 3.1 establece una referencia tanto para desarrolladores como para usuarios finales de cara al desarrollo de entornos colaborativos organizacionales. Los metamodelos incluidos definen el dominio de los entornos colaborativos organizacionales y especifican tres áreas conceptuales que ayudan a definir los elementos de un entorno de esta naturaleza. No obstante, el alto nivel de abstracción de estos metamodelos hace necesario disponer de mecanismos que aproximen dichos modelos a niveles más cercanos a la implementación, y para ello se ha propuesto un modelo de componentes genéricos en el punto 3.2, que constituye un mecanismo válido para implementar modelos PIM a partir de los metamodelos anteriores.

A continuación se definirá una arquitectura tecnológica que complete el marco de trabajo, de forma que tras la transformación de los componentes genéricos (modelos PIM) en componentes ejecutables (modelos PSM) sea posible desplegar estos últimos sobre una plataforma tecnológica determinada y obtener así un sistema funcional completo. Los tres elementos fundamentales en los que se basa la arquitectura propuesta son: el *Modelo de Servicios*, el *Modelo de Ejecución* y el *Modelo de Comunicaciones*, y su funcionamiento general es el que se observa en la Figura 6:

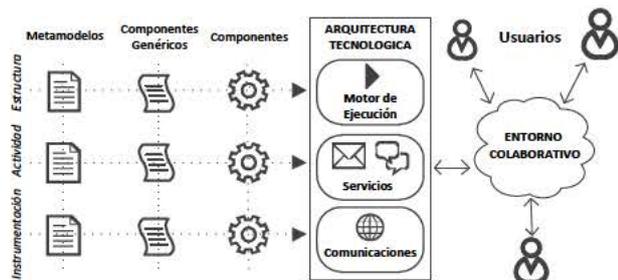


Figura 6. Esquema general de la arquitectura tecnológica.

3.3.1 Requisitos de la Arquitectura

Además de crear nuevos sistemas colaborativos organizacionales mediante el modelado de estructuras organizativas, flujos de trabajo y aplicaciones colaborativas, nuestro marco de trabajo pretende aumentar el grado de adaptabilidad y extensibilidad de dichos sistemas, por lo que la arquitectura tecnológica debe satisfacer los siguientes puntos:

- Los usuarios deben poder adaptar tanto elementos de naturaleza individual, como por ejemplo las aplicaciones no colaborativas que utilicen, como elementos comunes a todo el entorno organizacional, como por ejemplo los flujos de trabajo existentes.
- Cuando un elemento común a todo el entorno sea modificado por un usuario, los cambios deben hacerse efectivos para todos los usuarios del sistema.
- Los cambios en los elementos comunes deben producirse de manera transparente para todos los miembros que no han participado en dicha modificación de forma explícita, es decir, no se debe requerir ningún tipo de acción por su parte.
- Las modificaciones del sistema deben poder ser realizadas en tiempo de ejecución sin necesidad de involucrar a los usuarios en procesos de bajo nivel de abstracción como compilaciones o ensamblados.

3.3.2 Modelo de Servicios

El primer componente de la arquitectura tecnológica lo constituye el *Modelo de Servicios*, el cual define las funcionalidades que la arquitectura tecnológica proporcionará a los componentes desarrollados, de forma que éstos puedan invocar las operaciones de alto nivel necesarias para que tengan lugar los procesos interactivos y colaborativos esperados. En este modelo se incluyen dos interfaces que proporcionan dichas operaciones:

- *Interfaz de Interacción.* Esta interfaz expone funciones que permiten actuar sobre los elementos situados en el entorno de trabajo, y obtener una respuesta por parte de dichos elementos.
- *Interfaz de Colaboración.* Esta interfaz expone funciones que permiten comunicarse con el resto de usuarios y con los elementos situados en sus espacios de trabajo, de forma que se puedan llevar a cabo procesos de colaboración.

Dada la finalidad de cada una de estas dos interfaces, se deben diferenciar las dos maneras en que las funciones definidas en cada una de ellas pueden ser invocadas. La primera de estas maneras se da en el caso de interacciones directas de un usuario con su entorno de trabajo individual, de forma que la ejecución de las funciones incluidas en la *Interfaz de Interacción* correspondientes se lleve a cabo en un ámbito local. La segunda se da cuando la acción de un usuario se enmarca dentro de una actividad colaborativa de forma que se requiere la invocación y ejecución de alguna función de la *Interfaz de Colaboración* en los equipos remotos de los usuarios que estén participando en dicha actividad colaborativa. La ejecución de las funciones de la *Interfaz de Colaboración* puede implicar la invocación a su vez de otras funciones de dicha interfaz o de la *Interfaz de Colaboración*, y requiere el acceso al *Modelo de Comunicaciones* que se expondrá en el punto 3.3.4, el cual deberá cumplir ciertos requisitos para gestionar este conjunto de invocaciones encadenadas.

3.3.3 Modelo de Ejecución

El *Modelo de Ejecución* constituye el núcleo principal de la arquitectura tecnológica. Su implementación requiere disponer de un motor que permita:

- Procesar los componentes genéricos desarrollados mediante el modelo propuesto en el apartado 3.2. Para ello es necesario que el motor disponga de un mecanismo de interpretación de ficheros XML, de manera que sea posible procesar las especificaciones y generar todos los elementos y relaciones incluidos. En función de la plataforma tecnológica sobre la que se implemente el sistema colaborativo organizacional, es posible que sea necesario disponer de herramientas que permitan automatizar y ejecutar de forma independiente tareas relacionadas con el desarrollo de software tales como la generación de código fuente, la compilación o el ensamblado de unidades de software.
- Brindar el soporte necesario para la ejecución de los procesos de interacción y colaboración especificados en los componentes. Para ello el *motor de ejecución* debe poder acceder a las funciones de interacción y colaboración expuestas por las interfaces del *Modelo de Servicios*, así como asumir la gestión de posibles problemáticas como serían estados conflictivos para los artefactos compartidos o problemas de concurrencia para las actividades que se lleven a cabo dentro del sistema en base a los flujos de trabajo definidos.

- Proporcionar un soporte adecuado para conseguir hacer efectivas las capacidades de adaptabilidad y extensibilidad requeridas por los usuarios finales para poder modificar el entorno colaborativo. Esto implica que la plataforma tecnológica debe proporcionar mecanismos para que elementos tales como la interfaz de usuario puedan ser modificados en tiempo de ejecución, lo cual a su vez implica que los componentes que se desarrollen deben poder tener acceso a la estructura interna del sistema, ser capaces de examinarla e interactuar sobre los elementos existentes. Uno de los mecanismos que muchas de las plataformas tecnológicas actuales proporcionan para satisfacer estos requisitos recibe el nombre de *reflexión*, y su aplicación se examinará en el caso de estudio expuesto en el punto 4.

3.3.4 Modelo de Comunicaciones

El último componente de la arquitectura lo constituye el *Modelo de Comunicaciones*, el cual define las *notificaciones* que se pueden tener lugar dentro del sistema colaborativo organizacional y que es necesario que el sistema subyacente gestione, de forma que se puedan llevar a cabo los procesos de comunicación y colaboración entre usuarios, y se notifiquen las acciones de adaptación y extensión del entorno que un usuario concreto realice en un momento dado entre el resto de participantes, de forma que los entornos de trabajo de dichos usuarios remotos se adaptan y extiendan consecuentemente. En la siguiente tabla se muestran algunas de las *notificaciones* que deben ser gestionadas y relacionadas con algunos de los posibles eventos que pueden tener lugar, definidos en base a las áreas conceptuales descritas por el *Modelo Conceptual* del punto 3.1:

Tabla 1. Notificaciones descritas en el Modelo de Comunicaciones.

Área	Elemento	Notificación
Estructura	Society	Asignación de un nuevo grupo a una sociedad existente.
	Role	Creación de un nuevo rol.
Actividad	Objective	Consecución del objetivo asociado a una actividad
	Purpose	Definición de un nuevo propósito asociado a un objetivo.
Instrumentación	Workspace	Creación de un nuevo espacio de trabajo a partir de un componente.
	Application	Modificación de las herramientas que conforman una aplicación.

Este *Modelo de Comunicaciones* podría ser implementado mediante diferentes esquemas, como por ejemplo:

- *Sistemas centralizados* del tipo cliente-servidor en los que el equipo servidor mantenga toda la información necesaria para el mantenimiento del entorno y se encargue de retransmitir a los destinatarios correspondientes todas las notificaciones necesarias. La Figura 7 ilustra este tipo de sistema y la gestión de notificaciones que se llevaría a cabo:

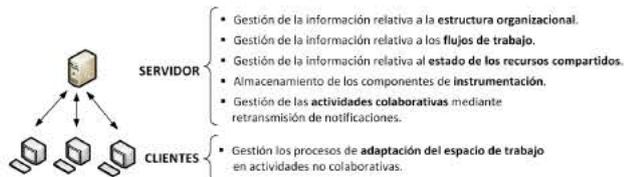


Figura 7. Gestión centralizada del entorno colaborativo.

- *Sistemas distribuidos* en las que cada equipo mantenga replicas del entorno organizacional común junto con las adaptaciones concretas desarrolladas por cada usuario de sus entornos de trabajo, y se establezcan conexiones entre los diferentes equipos para intercambiar información relativa a elementos comunes como el estado de los flujos de trabajo o de los artefactos compartidos. La Figura 8 ilustra este tipo de sistema y la gestión de notificaciones que se llevaría a cabo:

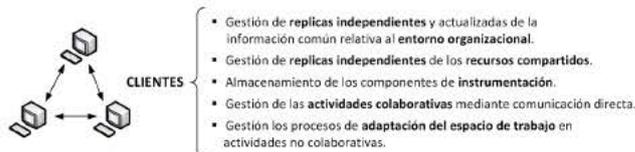


Figura 8. Gestión distribuida del entorno colaborativo.

- *Sistemas híbridos* en los que algunas características del entorno pueden ser gestionadas de forma centralizada, como por ejemplo sería la información relativa a la estructura organizacional común, y otros aspectos relacionados con la comunicación o la colaboración entre usuarios pueda ser delegada en conexiones directas establecidas entre los equipos de los usuarios. La Figura 9 ilustra este tipo de sistema y la gestión de notificaciones que se llevaría a cabo:

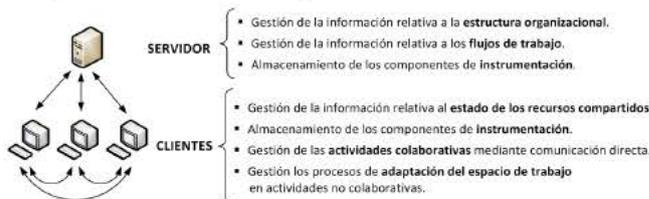


Figura 9. Gestión híbrida del entorno colaborativo.

Es importante señalar que a la hora de seleccionar un esquema de comunicaciones para implementar el sistema base sobre el que se desplegará el entorno colaborativo organizacional, las características de adaptabilidad y extensibilidad también se deben aplicar a la forma en que se gestionan las comunicaciones, por lo cual modelos como *Software as a Service* (SaaS) o arquitecturas como *Service Oriented Architecture* (SOA) pueden resultar más recomendables que otras opciones.

4. CASO DE ESTUDIO

Para ilustrar las ventajas que aporta nuestro marco de trabajo hemos modelado un pequeño sistema colaborativo organizacional haciendo uso de los elementos del marco de trabajo expuestos en el punto 3.1 y 3.2. A partir de los metamodelos propuestos almacenados como XML-Schemas hemos elaborado varios componentes genéricos para definir una pequeña estructura organizacional, un sencillo flujo de trabajo y varias herramientas colaborativas que sirvan para ilustrar las posibilidades de adaptabilidad y extensibilidad del sistema. Los componentes genéricos relativos a las herramientas colaborativas han sido completados finalmente mediante la adición de código fuente dependiente de la plataforma tecnológica seleccionada, que finalmente ha sido la plataforma .NET de Microsoft. La arquitectura tecnológica que hemos desarrollado satisface los requisitos descritos en el punto 3.3 de forma que el entorno colaborativo desplegado permite la ejecución de procesos de interacción, colaboración y adaptación adecuados.

4.1 Características del Entorno

El sistema colaborativo organizacional que se plantea puede ser extendido de manera fácilmente mediante el uso de componentes genéricos de estructura, actividad e instrumentación, y en general su funcionamiento se resume en los siguientes puntos:

- Un sistema de autenticación permite a los usuarios acceder al sistema y a continuación se les ofrece información sobre las unidades estructurales del entorno organizacional.
- Cuando un usuario accede a alguna de las unidades estructurales en las que se encuentra registrado se le proporciona información sobre la propia unidad estructural, los flujos de trabajo asociados y los recursos disponibles.
- El acceso de un usuario a cada unidad estructural genera un entorno de trabajo que puede ser adaptado mediante la selección de los componentes de instrumentación existentes, los cuales a su vez generarán nuevos espacios de trabajos en pestañas independientes, que contendrán las aplicaciones colaborativas asociadas a los componentes seleccionados.
- El espacio de trabajo en el que actúe el usuario puede contener elementos compartidos o no compartidos, de forma que podrá trabajar de forma individual y también en sesiones de trabajo colaborativo.
- La adaptación del entorno de trabajo por parte de un usuario puede implicar la adaptación del entorno de trabajo del resto de usuarios, en el caso de que se esté llevando a cabo una sesión de trabajo colaborativo.

4.2 Implementación de los Componentes

En primer lugar hemos elaborado los componentes genéricos correspondientes a cada uno de las áreas conceptuales ya expuestas: *Estructura, Actividad e Instrumentación*. En el caso de los componentes de instrumentación el comportamiento interactivo y colaborativo se ha especificado dentro de las secciones existentes para albergar código fuente, tal y como se mostró en la Figura 5. La primera de estas secciones especifica el comportamiento local que producirá la herramienta cuando el usuario interactúe con ella, mientras que la segunda se especifica el comportamiento colaborativo desencadenado por las acciones del usuario o a del resto de participantes.

4.3 Implementación de la Arquitectura

Como ya se ha comentado la tecnología seleccionada para implementar la arquitectura propuesta ha sido .NET de Microsoft. Esta decisión se debe a que esta tecnología proporciona lenguajes de alto nivel muy potentes como C#, además de mecanismos de *reflexión* y librerías para la *gestión de comunicaciones* muy flexibles, que nos han permitido satisfacer los requisitos relacionados con la adaptabilidad y extensibilidad.

4.3.1 Modelo de Servicios

Para implementar el modelo de servicios hemos desarrollado la *Interfaz de Interacción* y la *Interfaz de Colaboración* a través de *Application Programming Interfaces (API)* que ocultan las particularidades de la tecnología .NET, y que ofrecen un nivel de abstracción adecuado para ser empleadas tanto por desarrolladores profesionales como por usuarios finales sin conocimientos técnicos. De esta manera, los usuarios finales pueden modificar el funcionamiento de las herramientas modificando las diferentes secciones de los ficheros XML, e incluso añadiendo nuevas partes tomadas de otros ficheros XML existentes.

Por cuestiones de simplicidad hemos definido una única función en cada una de las APIs, de forma que las diferentes operaciones que se deseen llevar a cabo, así como los elementos del entorno que se verán afectados por dichas operaciones se especificarán a través de parámetros incluidos en las llamadas a dichas funciones.

La Figura 10 muestra un entorno de trabajo colaborativo que ha sido modificado por el usuario mediante la adición de dos componentes de *Instrumentación* que han sido procesados por el sistema, dando lugar a dos espacios de trabajo diferenciados que albergan diferentes herramientas. Dicho entorno de trabajo permite comprender el funcionamiento del *Modelo de Servicios*.

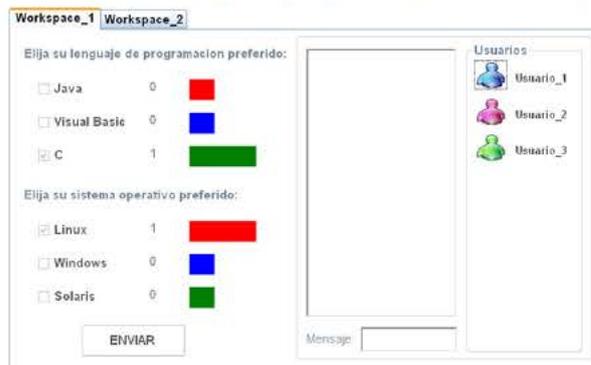


Figura 10. Entorno de trabajo y espacios de trabajo asociados.

A continuación se muestra un ejemplo sencillo de llamada a una función de la API implementada de forma que el primer parámetro especifica el tipo de operación que se va a llevar a cabo (en este caso una modificación de la interfaz de usuario), el segundo parámetro identifica el espacio de trabajo que se va a modificar (en este caso el espacio de trabajo denominado 'workspace_1' en la Figura 10), el tercer parámetro determina el elemento concreto que se modificará (en este caso el panel de votación), y finalmente se detalla el tipo de modificación que se va a llevar a cabo (en esta caso un inhabilitación de un panel de usuario):

```

API_Interaction_Execute      API_Interaction_Execute
{
  Interaction_Action,
  Container_Name,
  Element_Name,
  Action_Value
}
    ───────────────────>
{
  "MODIFY_USER_INTERFACE",
  "workspace_1",
  "voting_panel",
  "DISABLE"
}
    
```

Figura 11. Llamada a una operación de la interfaz de servicios

4.3.2 Modelo de Ejecución

La implementación del *Modelo de Ejecución* ha requerido el desarrollo de un *Motor de Ejecución* cuyos principales componentes son los siguientes:

- **Parser de Ficheros XML:** interpreta el contenido de un componente genérico y genera los nuevos elementos de estructura, actividad o instrumentación especificados por el componente.
- **Generador Dinámico de Código Fuente:** genera código fuente nativo para la plataforma tecnológica empleada. En nuestro caso particular hemos empleado la tecnología *Code Document Object Model (CodeDOM)* que permite generar nuevas clases en lenguaje C#.

- **Compilador en Tiempo de Ejecución:** compila el código fuente proporcionado por el *Generador Dinámico de Código Fuente*, dando lugar a unidades ejecutables por el sistema. Este componente permite extender el sistema con nuevas funcionalidades invocables durante los procesos de interacción de los usuarios con el entorno y los elementos especificados en los componentes de instrumentación.
- **Generador de Interfaces de Usuario:** genera nuevas interfaces de usuario a partir de los elementos de instrumentación extraídos por el *Parser de Ficheros XML*. Esto permite que los usuarios puedan adaptar y extender las interfaces de usuario con elementos que accedan a las nuevas funcionalidades proporcionadas por el *Compilador en Tiempo de Ejecución*.
- **Agente de Reflexión:** a través de mecanismos de reflexión proporciona información detallada en tiempo de ejecución sobre los elementos que existen en el sistema. De esta forma, los nuevos componentes que sean procesados por el *Motor de Ejecución* no solo podrán dar lugar a nuevas funcionalidades o interfaces de usuario, sino que también podrán asociarse a otros elementos ya existentes del entorno colaborativo, y acceder y modificar las características del entorno colaborativo organizacional.

4.3.3 Modelo de Comunicaciones

Para implementar el *Modelo de Comunicaciones* hemos elegido un esquema de comunicaciones híbrido basado en el uso de *Servicios Web*. El principal motivo de nuestra elección se basa en que un enfoque basado en *Servicios Web* resulta más flexible que otros, de forma que tanto el servidor central como los equipos clientes pueden incorporar interfaces de comunicación más fácilmente extensibles y adaptables de cara a afrontar las posibles necesidades que pudieran surgir una vez que el sistema haya sido desplegado. La tecnología que hemos empleado para ello es *Windows Communication Foundation* (WCF), de forma que se despliega una fachada de *Servicios Web* tanto en el equipo servidor como en los equipos cliente, permitiendo que el servidor se encargue de gestionar la información común del entorno colaborativo, como estructura o flujos de trabajo, y de recibir y retransmitir las notificaciones asociadas a los procesos colaborativos llevados a cabo, mientras que los equipos cliente se encargan de mantener copias locales de los objetos compartidos.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo hemos presentado un marco de trabajo que facilita el desarrollo de sistemas colaborativos organizacionales adaptables y extensibles. El marco de trabajo propuesto permite la incorporación de los usuarios finales a los procesos de desarrollo mediante un enfoque basado en la combinación de los principios de paradigmas como *Model Driven Architecture* o *Component Based Development*.

A partir de estos resultados obtenidos, y desde la opinión de que el paradigma del *Cloud Computing* cobrará cada vez más importancia dentro de las organizaciones, nuestro trabajo futuro se centrará en la adaptación del marco de trabajo propuesto a entornos basados en *Cloud Computing*.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado en el ámbito del proyecto EDUCA-PROG (TIN2011-29542-C02-02), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

7. REFERENCIAS

- [1] Ackerman, M. S. 2000. The intellectual challenge of CSCW: the gap between social requirements and technical feasibility. *Journal of Computer-Human Interaction*, Vol. 15, Issue 2.
- [2] Antonaya, S. L., Bravo, C. 2010. Towards a Framework for the development of CSCW systems. *Proceedings of the 7th International Conference on Cooperative design, Visualization and Engineering*.
- [3] Bannon, L. J., Schmidt, K. 1989. CSCW: Four Characters in Search of a Context. *Proceedings of the First European Conference on Computer Supported Cooperative Work*.
- [4] García, M. E. 2003. *Sistemas de información y nuevas tecnologías: influencias de las nuevas tecnologías en la estructura organizativa de la empresa cántabra*. Universidad de Cantabria.
- [5] Gallardo, J., Bravo, C., García-Minguillán, B., Redondo, M. A. 2004. Using Specifications to Build Domain-Independent Collaborative Design Environments. *Proceedings of the First International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering*.
- [6] Garrido, J. L., Noguera, M., González, M., Hurtado, M. V., Rodríguez, M. L. 2007. Definition and use of Computation Independent Models in an MDA-based groupware development process. *Science of Computer Programming* Vol. 66, pp. 25-43.
- [7] Greenberg, S., Roseman, M. 1996. Building real-time groupware with Groupkit, a groupware toolkit. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 3.
- [8] Kueng, P. 2000. The Effects of Workflow Systems on Organizations: A Qualitative Study. In *Business Process Management, Models, Techniques, and Empirical Studies*.
- [9] Lieberman, H., Paternò, F., Klann, M., Wulf, V. 2006. *End-User Development: An Emerging Paradigm*. *Human-Computer Interaction Series*, Volume 9, 1-8. Springer.
- [10] Molina, A. I., Redondo, M. A., Ortega, M., Hoppe, U. 2008. CIAM: A Methodology for the Development of Groupware User Interfaces. *Journal of Computer Science*, Vol. 14, No. 9, pp. 1435-1446.
- [11] Paternò, F., Mancini, C., Meniconi, S. 1997. ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models. *Proceedings of Interact'97*, pp. 362-369.
- [12] Penichet, V., Lozano, M. D., Gallud, J. A. 2007. *Ontología para Estructuras Organizativas Colaborativas*. *Proceedings del VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*. Universidad de Castilla – La Mancha.
- [13] Slagter, R. 2001. Evolution in use of groupware: facilitating tailoring to the extreme. *Proceedings of the Seventh International Workshop on Groupware*, pp. 68-73.
- [14] Stiemerling, O., Cremers, A. B. 2000. The EVOLVE project: Component-based tailorability for CSCW applications. *AI & Society*, Vol. 14, No. 1, pp. 120-141.
- [15] Van der Aalst, W. M. P., ter Hofstede, A. H. M. 2005. WAYL: yet another workflow language. *Journal of Information Systems*, Vol. 30, Issue 4, pp. 254-275.
- [16] Yankee Group. 1995. *Communication, Collaboration, Coordination: The "Three Cs" of Workgroup Computing*. *Yankee Watch*, Volume 3, Number 3.

Interactive Case Based Learning in Teaching Decision Support Systems and Business Intelligence

Salma Mahgoub

Department of Information Systems, King Abdulaziz
University

smomar@kau.edu.sa

Farrukh Nadeem

Department of Information Systems, King Abdulaziz
University

farrukh.nadeem@gmail.com

ABSTRACT

An important learning outcome in teaching Decision Support Systems and Business Intelligence is understanding the decision making processes in real-life. Classroom discussion can be an effective tool for understanding how different factors affect the decision making but reality of the real-life business is so complex to be understood with simple discussions. In such a scenario, real-life case studies can be very helpful. The real-life case studies offer experiential learning that can improve the learning outcomes of the course. This paper aims at describing how interactive action oriented case studies, with student participation, aid in the process of learning in the Decision Support Systems and Business Intelligence course for undergraduate students, and make it more dynamic and interesting.

Categories and Subject Descriptors

H.1 [MODELS AND PRINCIPLES]: General

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]:
Evaluation/methodology.

General Terms

Management, Measurement, Performance, Design,
Experimentation, Human Factors.

Keywords

Case-based learning, Decision support systems and business intelligence course.

1. INTRODUCTION

Case-based learning (CBL) was first introduced in law schools in late 1800's and since early 1900's, it has also been popular in business schools. Cases are particular events/instances

happened in past, and described like stories that students read or explore to have a detailed and in-depth analysis of the situation. They may direct students towards a set of conclusions or inferences, or provide resources and context to discuss and debate the issues presented in the case. Reasoning from multiple cases and adapting the prior solution to the new problems is also referred as case-based reasoning. Cases are best used to teach people, how to respond to actual problems they will encounter in their fields and how to make decisions in other real-life decision-making situations. Cases have already been affectively used to help train a variety of professionals like pre-service teachers, instructional designers, doctors, lawyers, business people, etc.

Instructive design is a major design decision relating to the learning goals of a course. If the goal is to direct students to a certain set of knowledge, inferences, or conclusions then a simple multimedia case might help in achieving this goal. However, the students are required to experience a case in realistic terms, then an interactive case in which, students interview different people or sort the information through digital libraries to help frame or "solve" the problem presented in the case.

Cases can be designed with complete information through which students quickly understand the case, or incomplete information may be provided through which students must engage in conversation and considerable reasoning to reach an informed decision [15]. The instructors developing students' problem solving and decision making skills have found that involving students more in case studies through classroom discussions can provide a rich basis for the purpose. While the curricula at business, law, and medical schools have for many years been based on the analysis of real world cases, professors in a variety of disciplines have been finding that an occasional case study can help them assess students' ability to synthesize, evaluate, and apply information and concepts learned in lectures and texts. Cases can help us organize and bring to life abstract and disparate concepts by forcing students to make difficult decisions about complex human dilemmas [11].

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'12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

2. CASE BASED LEARNING CHARACTERISTICS

Cases are factually-based, complex problems written to stimulate classroom discussion and collaborative analysis. Case teaching involves the interactive, student-centered exploration of realistic and specific situations. As students consider problems from a perspective which requires analysis, they strive to resolve questions that have no single right answer [4].

It is noteworthy that case-based reasoning is also a powerful technique in the field of artificial intelligence, and has been successfully employed in advanced systems like Intelligent tutoring systems.

In an earlier definition, CBL was defined as “learning by the use of stories about persons/situations facing similar decisions or dilemmas”. CBL can be characterized as follows:

2.1 Features

Case Based learning is a learner-centered process that includes collaboration and cooperation between the participants, discussion of specific situations, typically real-world examples. A case may consist of questions with no single right answer.

2.2 Students

Students must be engaged with the characters and circumstances of the case. They should identify the problems as they perceive it. They should connect the meaning of the story to their own lives and consider the case on the basis of their own background knowledge and principles. They should raise points and questions, and defend their positions. In concluding a case they should formulate strategies to analyze the data and generate possible solutions. All the students may not agree to a single solution and sometimes a compromise is reached.

2.3 Instructor

The instructor acts as a facilitator of the whole process of case discussion. He encourages exploration of the case and considers of the actions of the characters in light of his own knowledge and experiences.

2.4 Cases

Are factually-based complex problems written to stimulate classroom discussion and collaborative analysis. Cases target at the interactive, student-centered exploration of realistic and specific situations [4].

2.5 Advantages

Case-based learning targets learning key skills and knowledge through context of real-world situation examples. The real context of the problem (as described in the case) provides a concrete framework of the problem and therefore, is more motivational to the students/learners. Isolated concepts/information/facts are more difficult to remember than those remembered through realistic contexts and their discussions. Through cases, complex concepts can be understood more easily by applying and iterating them to a number of cases and remain part of the memory for a long time. Moreover, the students will grasp the diversity of use of the provided concepts/skills. In addition, case-based learning focuses on the required key concepts/skills only and thus reduces the potential for *inert knowledge*. Inert knowledge is the information that can be expressed and learnt but cannot be apply to realistic situations, mainly because it had been learnt out of a proper context or relation to reality. Learning mathematical modeling

without applying it to real situations is an example of inert knowledge.

2.6 Disadvantages

Disadvantages to case-based learning include: increased time to design and develop quality cases, particularly technology or multimedia cases. It may require to collect and provide students with sufficient resources to understand a case [4,5].

3. CASE STUDY APPROACHES IN DECISION SUPPORT SYSTEMS AND BUSINESS INTELLIGENCE COURSE

Business students should be prepared for collaborative group work, so that they become capable of working in teams and with others in real-life. The massive use of social networks and web tools during last few years have educated students about benefits that could be gained from working together. We have to teach them the importance of using case study approach in this context and how involving them more in classroom case studies discussions can provide a rich basis for developing their problem solving and decision making skills. In the following section, we show the paradigms used in building, teaching and finally evaluating the cases we used in our study.

3.1 Preparing Student for CBL

As orientation, we began by discussing the cases given as an “opening vignette” at the beginning of each chapter of the referenced book [13]. Students were given time to read the case, followed by one student reading it loudly. Students were asked if there is something they don't understand or is not clear. After that the case was discussed by the instructor in the class followed by answers of review questions about the case. Later on, after students got used to these small cases, larger, external, case studies (covering the course learning outcomes) were introduced to the students. We tried to make it fun and easy, so that the students can learn how to brainstorm the issues and questions about the case.

3.2 Building the Cases

We used a pre-existing material for real cases in the field of decision support systems. We chose real-life case studies that were discussed in the referenced book with more expansion. The referenced book also provides several web links for more real life cases along with discussion questions.

3.3 Teaching the case

We employed *discussion format* as a way for teaching the cases. Our objective was to structure the discussion to develop the analytical skills of the students, and to make sure that student participation is maximized. We identified, with the student's help, the various issues and problems, their possible solutions, and consequences of several course of actions as solution for each case. Students were asked probing questions and the students analyzed the problem depicted in the story to find answers of the questions. Starting from the first case and going to the last one, the case-based learning passed through several stages. In the first stage, we presented a short description about the case, background, problems and solutions. Together with the students, we identified the points the students understood clearly. We also determined the concepts, terms, procedures, etc. for which they required more information. At the end of this stage, students divided their responsibilities for searching the required

information. In the second stage, students demonstrated their findings and shared opinions. Their search for the correct solutions narrowed down at this stage. By the end of the second class meeting, the students had determined what new information they needed to uncover and went their ways to find it. At the third stage, students shared their thoughts, data, and understanding. They tried to reach the closure on the problem and solution. This was the last step in the process and generally students would not find out the "real" answer to the problem. The knowledge and understanding of the case comes from the search for answers, not from "the answer" to a particular case. The power of this method is its interactive approach between thinking, discussion, and searching for more information. Overall, the whole of the practice mimics the way we usually behave in our real life.

3.4 Evaluating the cases

We evaluated a case on the basis of two key factors: case-content and what was learnt from the case. Sometimes, after discussing a case, we did an evaluation exercise known as the "one-word essay", in which we asked students to find the one word that best captured their experience of the discussion. This feedback was then presented to the class, unedited, at the next meeting, so that everyone can know how it felt to the others. Students were asked to answer some review questions, beside a survey that was conducted for students for evaluation

4. SURVEY DISCUSSION

The proposed teaching methodology -- CBL -- was tested on a group of 8 undergraduate students for the course CPIS312-Decision Support Systems and Business Intelligence at department of Information Systems, Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Jeddah. A survey of 18 questions was conducted at the end of the semester to measure the effectiveness of the proposed approach to the students. The survey included questions to elicit their feedback on the case study based learning modules. Our results show that the students had invested significant amount of time to answer and discuss review questions of the first case, although they spend lesser time in the second one and so on. However, their answers generally either agreed to or neutral to most of the questions appeared in the survey Table1. The Survey questions along with their answers are listed in Table 1, and the results of the survey are illustrated in Fig. 1.

5. CONCLUSION

This paper shares our experience of using of interactive case based learning as a new teaching methodology for the course "Decision Support Systems and Business Intelligence" at Department of Information Systems, King Abdulaziz University, Jeddah. The benefit of using the mentioned learning modules is fourfold: first, case-based learning teaches the key concepts and facts within the context of real-world examples. The real context of the problem (as described in the case) provides a concrete framework of the problem and therefore, is more motivational to the students/learners. Second, through cases, complex concepts in the decision support process can be more easily understood. Third, case-based learning reduces the potential for "inert" knowledge. Last but not the least, exploring story like, real life cases, increases interaction learning among students which

Figure 1. The Results of the Survey

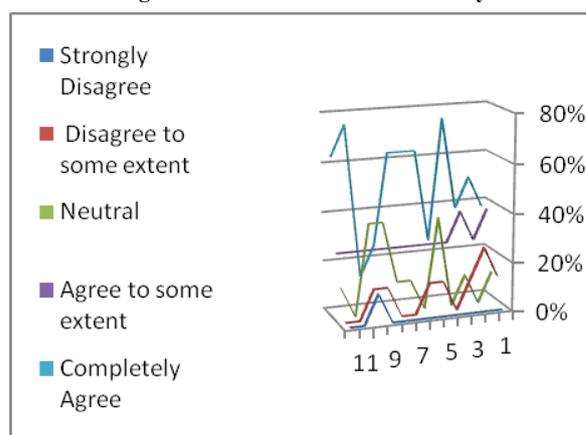


Table1. Survey Questions and Answers

No.	Question	Answers
1	What is the name of the case?	Case Name
2	In which course did you use this case?	CPIS320
3	What did you like in learning using this case?	Open Answer
4	What did you dislike in learning using this case?	Open Answer
5	We worked more collaboratively than usual using the investigative case.	-Strongly Disagree -Disagree to some extent -Neutral -Agree to some extent -Completely Agree
6	I felt we had enough time to search for resources and to do the assignment.	
7	I was able to locate different resources.	
8	I felt I had a better understanding of the process of data warehouses after using this module	
9	I have a better understanding of the data warehouses s' benefits related to this case as a result of using the case.	
10	The case was easy to use.	
11	I was able to provide well-supported conclusions answers.	
12	I feel I understood the main issues of the case.	
13	We were able to identify questions to be investigated further.	
14	Most students were able to use convincing argumentation with their peers.	
15	Most students were able to understand the case and pose a question to be pursued.	
16	My overall experience with case based learning was satisfactory.	
17	Would you like to use cases again? Please explain.	Open Answer

can direct students towards a conclusion, or provide the resources and context to discuss and debate issues dynamically.

6. REFERENCES

- [1] International Federation for Information Processing: Working Group for Decision Support Systems, <http://www.psych.lse.ac.uk/ifip-dss/page4/page7/page7.html>
- [2] University of Michigan: Center for research on learning and teaching, Teaching Strategies: Case-based Teaching and Problem-based Learning, <http://www.crlt.umich.edu/tstrategies/tscbt.php>
- [3] Penn State research university, Using Cases in Teaching, <http://tlt.its.psu.edu/suggestions/cases/index.html>
- [4] EduTechWiki: Case-based learning, http://edutechwiki.unige.ch/en/Case-based_learning
- [5] Jarz, E. M., Kainz, G. A., & Walpoth, G. (1997). Multimedia-based case studies in education: Design, development, and evaluation of multimedia-based case studies. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6 (1),23-46.
- [6] Merseth, K. (1991). The early history of case-based instruction: Insights for teacher education today. *Journal of Teacher Education*, 42 (4), 243-249.
- [8] John Foran, The Case Method and the Interactive Classroom, *The NEA Higher Education Journal*.
- [9] National Center for Case Study Teaching in Science (University of Buffalo) <http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs>
- [10] Teaching with Case Studies (Stanford University, 1994)
- [11] Speaking of Teaching, Stanford university newsletter on teaching winter 1994, vol. 5, no. 2. http://www.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/case_studies.pdf
- [12] The Case Method and the Interactive Classroom (Foran, 2001, *NEA Higher Education Journal*) http://www.nea.org/assets/img/PubThoughtAndAction/TAA_01Sum_05.pdf
- [13] Decision Support and Business Intelligence Systems (8th Edition) Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA, 2006, ISBN:0131986600
- [14] Student centered environments. http://fp.okstate.edu/honl/OSU%20Online/learner-centered_environment.htm
- [15] Oliver, K. (1999). Case-Based Learning. Retrieved Jul. 11, 2008, from <http://www.edtech.vt.edu/edtech/id/models/powerpoint/casebased.pdf>

Redes Sociales

Integrating multi-source User Data to enhance Privacy in Social Interaction

Mohamed Bourimi
Chair for IT Security, Privacy
and Trust
Information Systems Institute,
Siegen, Germany
bourimi@acm.org

Ismael Rivera
Digital Enterprise Research
Institute
National University of Ireland,
Galway, Ireland
ismael.rivera@deri.org

Simon Scerri
Digital Enterprise Research
Institute
National University of Ireland,
Galway, Ireland
simon.scerri@deri.org

Marcel Heupel
Chair for IT Security, Privacy
and Trust
Information Systems Institute,
Siegen, Germany
heupel@wiwi.uni-
siegen.de

Keith Cortis
Digital Enterprise Research
Institute
National University of Ireland,
Galway, Ireland
keith.cortis@deri.org

Simon Thiel
Human Computer Interaction
Section
Fraunhofer IAO, Stuttgart,
Germany
simon.thiel@iao.fraunhofer.de

ABSTRACT

New trends in pervasive computing allow for hosting user controlled servers for integrating respective user's social spheres. One main feature of such servers is the provision of a single point for managing user's data and resources from various social interaction services (e.g., LinkedIn, Facebook, etc.). A step forward would be to include the collection and integration of different social contacts and their live streams (e.g., activity status, live posts, etc.) from these services. Thereby, various privacy issues related to linkability and unwanted information disclosure, could arise. In this paper, we address how we intend to avoid such privacy issues in the EU FP7 funded di.me project when mining users' social spheres from different sources. Our approach uses (1) the detection of semantic equivalence between contacts as portrayed in online profiles and (2) NLP techniques for analysing shared live streams both; for triggering privacy recommendations. The current status is presented and the portability to other environments is shortly discussed.

Categories and Subject Descriptors

H.4 [Information Systems Applications]: Miscellaneous;
K.6.m [Security]: Privacy; K.8.m [Personal Computing]: Miscellaneous

General Terms

Design, Security

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.

Interaccion'12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain. Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

Keywords

Personal Information Management; Social Networking; Privacy Recommendations; Pervasive Computing; Decentralized Solutions; di.me

1. INTRODUCTION

Nowadays, information system solutions are moving towards the unification, integration and digitisation of personal information from various sources. Many social media platforms are starting to allow the user to import/export personal data or sharing profiles and activities amongst different platforms. For instance, users are able to share their status messages in LinkedIn directly with their Twitter channel, and so on. The above provides two clear advantages. On one hand, users profit in terms of easier management and sharing of related information across their personal and social spheres, e.g., by easily importing their own profile and contact information, personal data, etc., from one online service to another. Thus, users are not forced to separately register and maintain any mentioned details for each online service account. On the other hand, platform providers also become able to optimise their added-value services by analysing collected data with the explicit consensus of respective users, given that they accept the underlying privacy policy in-order to use such facilities.

Most users, however, do not normally read privacy policies terms carefully, thus allowing providers to see more information than they wish to disclose in reality [8]. Sometimes, this results in the users losing their intellectual rights over their shared data, or else being tracked down by their provider (through the sharing of their location). Such privacy issues coincide with the most-cited criticism for pervasive and ubiquitous computing [10]. Furthermore, linkability issues can also arise when retrieving the users' profiles, even when anonymisation is applied (e.g., by using pseudonyms, removing sensitive data such addresses, etc.), since users can be easily re-identified across distinct social networks as shown in [15]. In particular, users having accounts on Flickr and

Twitter could be re-identified with an error rate of just 12%. In this respect, a new generation of distributed social networks promise to provide users with full control over their personal information, as shared in their private and business life. Examples of the mentioned distributed social networks are: (i) DIASPORA, a project to help people own their social data in a decentralized way [6], (ii) Eclipse's Higgins project [7], and (iii) the EU FP7 di.me project.

In this paper we focus on our work within the latter, discussing in particular how expected privacy issues related to linkability and unwanted information disclosure (i.e., information being shared in personal live streams) are intended to be avoided. In a nutshell, the objective of our approach is to trigger privacy warnings/recommendations to the user, by attempting to detect when two or more contacts portrayed in multiple online profiles are indeed owned by the same person, using a variety of Natural Language Processing (NLP) techniques to analyse both online profiles and personal live streams.

The paper is structured as follows. The next section presents an overview of the relevant di.me requirements. Section 3 discusses related work, whereas Section 4 presents our approach in detail. Section 5 concludes the paper, providing a brief discussion and overview of our future plans.

2. REQUIREMENTS ANALYSIS

The nature of our project di.me implies to ensure innovation at research level, so we compared various existing solutions against an analytically elaborated list of user requirements. The results of the requirements-driven approach based on the comparison of existing decentralized solutions¹ is summarized in table ?? [24]. With involvement of end-users² and companies³ we gathered five requirement categories (cf. table ??) whose focus is to support the integration of the personal information, by providing security and privacy-enhancing mechanisms. Further, intelligent user support with context sensitive recommendations and trust advisory [9] will be provided. Trust metrics guide the user to avoid risky behavior when disclosing private information. Anonymous data disclosure, data withdrawal and policies foster privacy and trust [1] and approaches for secure end-user driven deployment in public clouds were elaborated [11]. The personal data is modeled using a comprehensive set of integrated and multi-domain ontologies [21].

The current reference architecture fulfills the identified requirements categories R1-R5 addressed in [24] and implements a semantic core with data mining, semantic mapping and reasoning, supporting an intelligent management of personal data and communication history including recommendations how to take advantage of the personal sphere. Intelligent user interfaces on desktop and mobile devices promoting the intuitive usage of powerful semantic and privacy-

¹As in cases of many alpha releases it is almost impossible to get reliable results for an evaluation, we restricted the set of systems for this analysis to the following five stable system implementations: Diaspora, Friendica, Jappix, Kune and StatusNet.

²The project implements a user-driven design process and requirements were refined in a qualitative study was conducted by involving 21 participants representing users in three different scenarios.

³See <http://www.dime-project.eu> for details on the consortium application partners.

technologies enable the user to monitor, control, and interpret personal data. For access control, we provide a two-layered access control engine, which decouples the semantic core from the hosting environment. Thereby it is ensured that personal data and the associated ontology-based access rights remain flexibly decoupled from the underlying host environment [4]. Furthermore, this eases potential migration to new landscapes. Especially, On-the-go user-defined and -customized privacy preferences to define access rights for sharing parts of the personal information sphere becomes possible with the help of the so-called Privacy Preferences Ontology (PPO) [19].

With respect to the requirement category R2 (Privacy Respecting Sharing of Personal Information), by considering leveraging advances in the implementation of the semantic core (category R1, Integrated Personal Information Management) and integration of existing services (category R5), further potential enhancements were identified. A promising⁴ enhancement of R1, R2 and R5 is based on experiences from various projects requiring solving the classical problem described by Krontiris and Freiling who mention in [13] that *"As argued by Spiekermann and Cranor [...], privacy by policy offers the minimum degree of protection and systems utilizing such solutions need to make users aware of privacy risks and offer them choices to exercise control over their personal information"*.

Even though di.me is a decentralized solution, linkability problems and unwanted information disclosure could be not fully avoided (at least due to potential user's naivety). An important functionality of the di.me Userware is the support of digital faces or partial identities. The issue emerging thereby consists in that these faces or identities link to the personal server (PS) of the respective user. One user could be in contact with the same person using various pseudonyms at the same time as shown in Fig. ?? Furthermore, one of the main objectives of di.me is to evaluate developed concepts with a big set of users. This implicated providing hosting facilities for their PSs. This technical/infrastructural challenge led to the discussion if the Userware should not be extended to multi-user support for trusted communities ,e.g., a family or friends servers. This extension will ease hosting of users trusting each other and reduce evaluation cost by involving thousand of users. Furthermore, for exploitation reasons industrial consortium partners are also asked explicitly for such supports for later exploitation.

For accuracy, further analysis and requirements engineering⁵, with respect to the previous point, resulted in agreeing on enhancing privacy related to the following concrete scenarios. Therefore, privacy recommendations have to be provided, when integrating from various services:

- contact's information (CR1), and
- their live streams (CR2).

3. RELATED WORK

Palen and Dourish mention in [16] that some level of disclosure is needed to sustain social engagement. For this, social media platforms need some degree of information disclosure (e.g., partial or full identity revelation) in order to achieve the sharing goals. However, many privacy issues

⁴Also in terms of innovation!

⁵Second year by considering requested enhancements in EC reviews

	R1 Integrated Personal Information Management		R2 Privacy Respecting Sharing of Personal Information			R3 Intelligent User Support with Context Sensitive Recommendations and Trust Advisory		R4 Transparent Multi-Platform UI			R5 Integration of Existing Services		
	R1.1 Integration of personal information	R1.2 Semantic representation	R2.1 Secure authentication and authorisation	R2.2 Situation and contact specific access control	R2.3 Trust-levels and privacy-levels	R3.1 creation of temporary ad-hoc groups	R3.2 context sensitive recommendations	(R4.1) Support desktop and mobile platforms	(R4.2) Intelligent UI - recommendations and security warnings	(R4.3) Visualization of personal information sphere:	(R5.1) modular integration of external services and resources	(R5.2) Information federation across social networks	(R5.3) Open communication protocol:
Diaspora	profile and photos ⁷	○	●	Static Aspects	○	○	○	Web UI, Android (alpha)	○	Trivial only	●	Diaspora protocols, identi.ca	●
Friendica	● ⁷	○	● ⁸	Static Groups	○	○	○	Web UI	friend suggestions, match interests	Visual group editor	●	● ⁹	●
Jappix	● ⁷	○	●	Static Groups	○	○	○	Web UI (mobile + desktop)	○	○	○	○	● ¹⁰
Kune	● ⁷	○	●	Static Groups	○	○	○	Web UI	○	○	○	Apache Wave	●
StatusNet	● ⁷	○	●	Static Groups	○	○	○	Web UI (mobile + desktop), Apps	○	Trivial only	● ¹¹	OStatus	●

Table 1: di.me requirements-driven comparison to other systems (s. Appendix for used numbering)

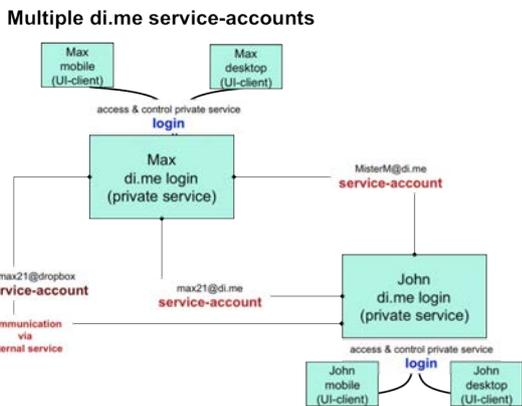


Figure 1: Multiple Service-Account communication scheme potentially leading to linkability

could arise thereby sometimes with irreversible fatal consequences.

From the security point of view, decentralized social networks promise more user control with respect to information disclosure [3]. Server-centric approaches imply that the server is the central point of information exchanging, which mostly allows for building of a users fully-fledged profiles of involved entities. In order to bypass this problem, concepts and solutions are in the focus of many EU research projects. However, approaches used for decentralized social media platforms could be also used in centralized topologies [2]. In this respect, the di.me project approach presented in this paper is still valid for being ported to server-centric social media environments.

In addition to the comparison we presented in [24] for dime in contrast to decentralized solutions (s. requirements analysis), the presented approach in this paper is to our best knowledge not addressed in contemporary literature with respect to the combination of used technologies to meet the requirements CR1 and CR2. A wider overview of related work for social sharing and collaboration platforms can be found in [23]. There, Smith et al. [23] also present an approach for decentralized and privacy-preserving micro-sharing by using

Web standards as ontologies. In contrast the added value of di.me remains in the combination of used technologies and addressed scenarios along with providing privacy recommendation by using NLP which is not the case for Smith’s et al work.

Recommendation is crucial for interaction design [12]. With respect to NLP, recent work provide ways for recommending movies, products or collect opinions [22][25][17]. Nevertheless, none of these works is leveraging NLP for providing privacy recommendations especially when considering the combination with semantic techniques.

4. APPROACH

4.1 Enhancing privacy in the di.me Userware

By using extending the powerful semantic core in the di.me Userware, we are able to enhance the users privacy when aggregating information from contacts and their live streams. The approach is mainly based on:

- leveraging the capabilities of semantic core allowing for integration of heterogeneous online contacts’ profiles for fulfilling CR1, namely, by extending it to support the detection of semantic equivalence for contacts, and
- leveraging NLP capabilities for analyzing live streams on unwanted information disclosure for fulfilling CR2 by integrating such component in the di.me Userware.

Both capability categories are integrated in the di.me Trust Engine responsible for triggering privacy recommendations, shown to the user at the user interface level (see Figure ??). It is thereby possible to detect similarities in profiles of (pseudonymous) contacts and to inform the user, that two profiles might belong to the same person. This is an important information, e.g., for the case that the user is in contact with both pseudonymous identities in different communities via a pseudonym and sharing information with both. If these pseudonymous identities happen to be the same person, this could lead to disclosure of additional information by aggregating shared information. On the other hand, we use the same technique to analyze the own profiles and shared information in order to warn the user, if profiles are about to get too similar or consist of special attributes

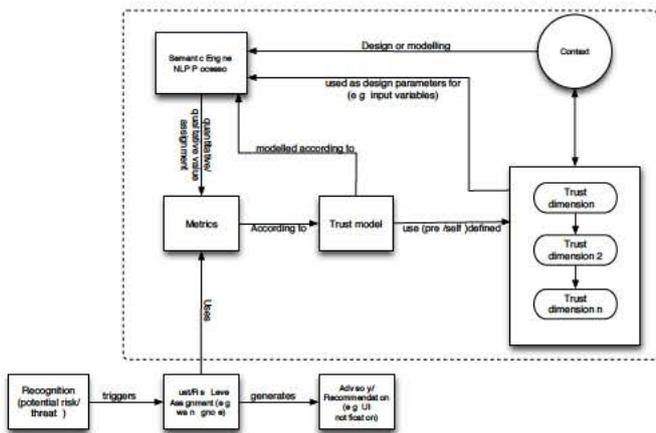


Figure 2: di.me trust recommendations model

that might lead to an increased risk of being linked by others. The prevention of profile linking in pseudonymous or anonymous environments is an important technique in order to prevent profiling and in the worst case the disclosure of the real identity.

In other words the followed philosophy for privacy advisory is two-fold and intends: (1) to use the semantic equivalence detection capabilities for advising users to aggregate contacts' information and merge them to the same person, as well as (2) to use this capability as information disclosure metric for avoiding linkability. Latter is based on the assumption that a person agree gathering the different user's information at the other side (e.g., using another dime Userware), will be then informed to merge him/her to the same contact. The main challenge we face is the discovery of semantic equivalence between contacts described in online profiles, through a metric which computes a weighted semantic similarity of their individual attributes. This is discussed in the following section.

4.2 Detecting Semantically Equivalent Profiles

Di.me targets the intergration of heterogeneous and distributed user data into one integrated Personal Information Model (PIM). This representation draws from various ontologies in an integrated ontology framework consisting of a set of re-used, extended as well as new vocabularies provided by the OSCA Foundation (OSCAF)⁶. Online account profiles from various sources, representing both the user and their contacts, constitute an especially important candidate for PIM integration. The Contact Ontology (NCO)⁷ within the ontology framework is used as a standard for representing elicited online profiles from multiple accounts. As with other aspects of personal information, once two or more items (in this case profiles) have been determined to be equivalent (in this case, they represent the same person), they are linked together by a unique representation (in this case, of the Person) provided by the Personal Information Model Ontology (PIMO)⁸.

The entire approach for the elicitation, transformation,

⁶<http://www.oscaf.org/>

⁷<http://www.semanticdesktop.org/ontologies/nco/>

⁸<http://www.semanticdesktop.org/ontologies/pimo/>

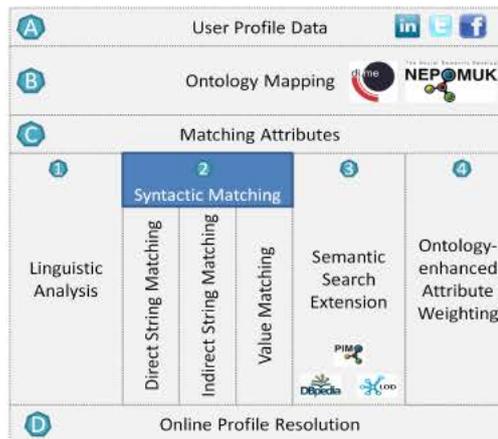


Figure 3: Semantic equivalence approach overview

comparison and integration of detected equivalent user profiles is depicted by Fig. ???. The first stage (marked A) simply retrieves semi/unstructured information from online account APIs. This information is then transformed into an equivalent NCO representation, resulting in a separate NCO instances for each retrieved profile (B). The detection of equivalent profiles (stage C) is performed at various levels. The use of ontologies and Resource Description Framework (RDF)⁹ as a data representation format means that the matching we pursue considers both syntactic as well as semantic similarities in between online profile data. Since this technique is presented in detail in an earlier publication [5], here we only provide a short summary of the four successive sub-processes that it involves (refer to stage C in Fig. ??).

In preparation for syntactic matching (C-2), the process starts with a linguistic analysis (C-1) to extract further knowledge from non-atomic attribute values, e.g. country, city from a physical address, as opposed to atomic person first name, phone number, etc., values. A string matching algorithm (based on the Monge and Elkan field matching algorithm [14]) is then used to compare textual attributes (and extracted named entities) from a newly-retrieved user profile against existing NCO person profiles, in order to find matches (e.g. same name, surname, username, address, country, etc.). The detection of semantically equivalent profiles is then extended with a semantic search (C-3) over the PIM, which acts as the user's own personal knowledge base, and also external semantic repositories (e.g. the Linked Open Data cloud)¹⁰. Here, semantic relatedness between entities in profile attributes is factored in by the matching technique, such that it also accounts for related entities even if their values are syntactically unrelated (e.g. location 'Ireland' vs. 'Galway'). The results of both syntactic and semantic matching are then combined by a suitable metric which assigns ontology-enhanced weights to the matched attributes (C-4). The matched attributes are given a weight depending on their nature (e.g. inverse functional properties, such as an email address, have a higher weight than a country, which may be shared by millions of users), and also

⁹<http://www.w3.org/RDF/>

¹⁰<http://lod-cloud.net/>

on the target domain of the online account type (e.g. a professional user profile is more likely to match other profiles in professional online networks).

The profile matching metric (D) is then used to detect semantic equivalence between persons (this includes both the user and their contacts) behind multiple online accounts. An appropriate semantic equivalence metric is one of the requirements for aspiring self-integrating system [18], such as the di.me Userware. A positive match will result in the newly-retrieved profile to be linked to other NCO instances through a unifying *pimo:Person instance*, all of which are stored in the PIM.

4.3 Detecting Privacy-Sensitive Online Posts



Figure 4: Warning showing up when posting private information

The analysis of streams of online posts in order to gain information about the users interests and activities, so as to provide meaningful suggestions to the user, is an often-discussed topic in the literature [20]. One of the main goals of di.me is to raise the user’s awareness with respect to their auto-disclosure of privacy-sensitive information online, through online sharing activities such as microblogging. Users are posting short snippets of information about what they are currently doing, where and with whom. Apart from some functions which can be more easily controlled, like checking in a specific place, tagging particular people in a post, etc., a majority of such posts consists solely of unstructured, free text. This practice can easily result in harming the privacy of another person, e.g. posting about “sitting at the beach with Anna” when Anna has in fact reported to work as sick. In di.me we try to prevent accidental and harmful information disclosure, whether it affects the user posting or people implied in the online post, by considering both structured posts (e.g. check-ins, tags) and free text.

A first prototype employs Natural Language Processing (NLP) techniques to parse textual microposts before they are shared, and decompose them into different types of (possibly co-occurring) posts, based on the Live Post Ontology (DLPO)¹¹. For example, the text in the example above, coupled with a picture showing Bob with Anna at the beach, is decomposed into: a *dlpo:ImagePost* referring to the actual picture, a *dlpo:CheckIn* referring to the geo-location of the beach, and a *dlpo:Status* containing the textual message.

¹¹<http://www.semanticdesktop.org/ontologies/dlpo/>

In addition, person Anna is marked as a related resource through *dlpo:relatedResource*. More details about the DLPO ontology and its use have been provided in a separate publication [20]. Instead, we here focus on the techniques used for discovering knowledge from online posts, in order to represent them as DLPO instances. Being machine-processable representations, the latter can then be processed by di.me’s privacy advisory system to detect sensitive information disclosure and provide suitable warnings, such as the one shown in Fig. ??.

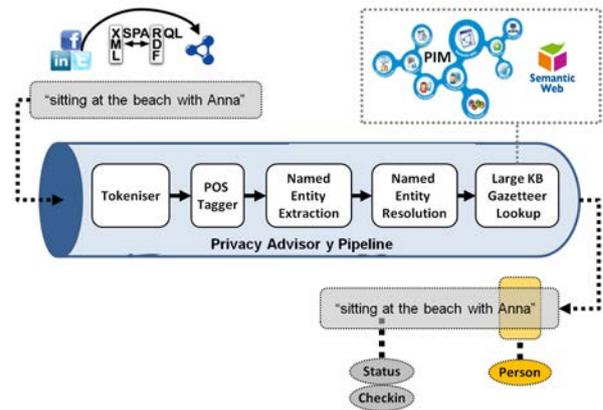


Figure 5: The text analysis pipeline used by the Privacy Advisor

Fig. ?? shows the pipeline used by the privacy advisory component in di.me. Micropost processing starts with Named Entity Extraction (NEE), upon which, syntactic matching techniques similar to the ones described in the previous section are employed for Named Entity Resolution (NER), i.e. to discover which of these entities (including people) are already known in the PIM. Core concepts of the PIMO ontology are very similar to the generic entities typically extracted by NEE algorithms (e.g. people, organisations, locations), but also include more personal (or group) entities (e.g. projects, events, tasks). NEE taggers based on gazetteers are a good fit for entity extraction where a personal knowledge base (KB), such as the PIM, may feedback the algorithm with new entities created either directly by the user, or as the result of integrating data from an external KB.

Future work will improve the output of the privacy advisory by enabling the user to personally define rules, through an intelligent user interface, for triggering privacy warnings/suggestions. Rules will fire not only when the system determines that an online post may compromise someone’s privacy, but also when the context-recognition component determines that information that is publicly being shared by the user (e.g. shared documents, personal contact information) should be withheld due to privacy-compromising circumstances (e.g. untrusted person in the area).

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this paper, we address how privacy in social media could be enhanced by providing privacy recommendations when aggregating contacts’ information and their live streams from various social media services. This was concretely dis-

cussed for the decentralised social networking solution being pursued in the EU FP7 funded di.me project. Here, a semantic core and a trust engine component have been enhanced with information extraction techniques to detect identical contacts from multiple services, based on their information. This information is then used to prevent unwanted information disclosure.

The requirement gathering was based on a deep analysis that considered innovation potential in the di.me research project, as well as by involving users and companies. The developed semantic equivalence detection is used for both, suggesting to the user to merge his/her contacts or to avoid disclosing his/her own profile information to others. Thus, the di.me Userware offers a clear improvement over related work by leveraging semantic capabilities and NLP techniques to provide privacy recommendations.

The current prototype is able to retrieve a user's profile data from LinkedIn, Facebook and Twitter, although more online accounts will be targeted in the future. The main challenge is mastering the combination of several techniques, which may be required in order to discover if two or more online person descriptions are semantically equivalent, and improve the capabilities of NLP-based recognition. With respect to semantic equivalence detection, the most popular techniques are of a syntactic nature, i.e. performing a string/value comparison on the various person profile attributes. The approach presented in this paper allows us to extend the matching capabilities 'semantically', ensuring more accurate results based on clearly-specified meanings of profile attribute types, as well as through an exploration of their semantic (in addition to syntactic) relatedness. The discovery of semantically equivalent person representations then results in their semantic integration at the Personal Information Model (PIM) level of the user's data. The PIM models unique personal data that is of interest to the user such as their singular digital identity, files, task lists and emails, amongst others. It is an abstraction of the possibly multiple occurrences of the same data as available on multiple online accounts and devices.

Future work focuses on merging NLP with the semantic equivalence capabilities in order to support privacy recommendation/advisory in various scenarios to the user. For example, the user can be warned that they are: (i) using a password related to real personal details, (ii) disclosing sensitive information, such as password, accounts, visa number, private telephone number etc., by considering the user's history and order of disseminated information in a given communication channel (e.g., chat, twitter etc.), (iii) providing contradictory information over different channels (e.g. current location), which can lead to loss of credibility and trust, and (iii) getting a contact request from a person who, based on different aggregated information in chats, live streams etc., appears to be very close to or possibly even the same person as a known untrusted contact. These warnings/recommendations will be presented to the user through an intelligent interface that is currently undergoing evaluation (July, 2012) in an event consisting of 150 users. Further work will also focus on the non-intrusive presentation of the respective recommendations.

Acknowledgments

This work is supported in part by the European Commission under the Seventh Framework Program FP7/2007-2013

(digital.me – ICT-257787) and in part by Science Foundation Ireland under Grant No. SFI/08/CE/I1380 (*Lion-2*).

6. REFERENCES

- [1] M. Bourimi, M. Heupel, B. Westermann, D. Kesdogan, M. Planaguma, R. Gimenez, F. Karatas, and P. Schwarte. Towards transparent anonymity for user-controlled servers supporting collaborative scenarios. In *Information Technology: New Generations (ITNG), 2012 Ninth International Conference on*, pages 102–108, april 2012.
- [2] M. Bourimi, F. Kühnel, J. M. Haake, D. El Diehn I. Abou-Tair, and D. Kesdogan. Tailoring collaboration according privacy needs in real-identity collaborative systems. In *Proceedings of the 15th international conference on Groupware: design, implementation, and use, CRIWG'09*, pages 110–125, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.
- [3] M. Bourimi, J. Ossowski, D.-D. Abou-Tair, S. Berlik, and D. Abu-Saymeh. Towards usable client-centric privacy advisory for mobile collaborative applications based on BDDs. In *New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2011 4th IFIP International Conference on*, pages 1–6, feb. 2011.
- [4] M. Bourimi, S. Scerri, M. Planaguma, M. Heupel, F. Karatas, and P. Schwarte. A two-level approach to ontology-based access control in pervasive personal servers. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:467-5789>, 2011. Scientific research paper (ger. Wissenschaftlicher Artikel) in the context of the EU FP7 project di.me, 2011, OPUS Siegen.
- [5] K. Cortis, S. Scerri, I. Rivera, and S. Handschuh. Discovering semantic equivalence of people behind online profiles. In *Proceedings of the Resource Discovery (RED) Workshop, ESWC 2012*, 2012.
- [6] Diaspora Foundation. The DIASPORA PROJECT. <http://diasporaproject.org/>, March 2012.
- [7] Eclipse.org. Higgins 2.0 Personal Data Service. http://wiki.eclipse.org/Higgins_2.0, March 2012.
- [8] S. Gindin. Nobody Reads Your Privacy Policy or Online Contract? Lessons Learned and Questions Raised by the FTC's Action Against Sears. *Nw J Tech & Intell Prop*, 2009.
- [9] M. Heupel, L. Fischer, D. Kesdogan, M. Bourimi, S. Scerri, F. Hermann, and R. Gimenez. Context-aware, trust-based access control for the di.me userware. In *New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2012 5th International Conference on*, pages 1–6, may 2012.
- [10] J. I. Hong and J. A. Landay. An architecture for privacy-sensitive ubiquitous computing. In *MobiSys '04: Proceedings of the 2nd international conference on Mobile systems, applications, and services*, pages 177–189, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [11] F. Karatas, M. Bourimi, T. Barth, D. Kesdogan, R. Gimenez, W. Schwittek, and M. Planaguma. Towards secure and at-runtime tailorable customer-driven public cloud deployment. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on*, pages 124–130, march 2012.

- [12] I. King, M. R. Lyu, and H. Ma. Introduction to social recommendation. In *Proceedings of the 19th international conference on World wide web, WWW '10*, pages 1355–1356, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [13] I. Krontiris and F. Freiling. Integrating people-centric sensing with social networks: A privacy research agenda. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference on*, pages 620–623, 29 2010-april 2 2010.
- [14] A. Monge and C. Elkan. The field matching problem: Algorithms and applications. In *Proc. Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 267–270, 1996.
- [15] A. Narayanan and V. Shmatikov. De-anonymizing social networks. *30th IEEE Symposium on Security and Privacy*, 2009.
- [16] L. Palen and P. Dourish. Unpacking "privacy" for a networked world. In *CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 129–136, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [17] A. Papangelis, G. Galatas, and F. Makedon. A recommender system for assistive environments. In *Proceedings of the 4th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA '11*, pages 6:1–6:4, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [18] S. R. Ray. Interoperability standards in the semantic web. *Journal of Computing and Information Science in Engineering, ASME*, 2:65–69, 2002.
- [19] O. Sacco and A. Passant. A privacy preference ontology (PPO) for linked data. In *Linked Data on the Web Workshop at 20th International World Wide Web Conference*. ACM Press, 2011.
- [20] S. Scerri, K. Cortis, I. Rivera, and S. Handschuh. Knowledge discovery in distributed social web sharing activities. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Making Sense of Microposts (MSM2012), WWW 2012*, 2012.
- [21] S. Scerri, R. Gimenez, F. Herman, M. Bourimi, and S. Thiel. digital.me - towards an integrated personal information sphere.
<http://d-cent.org/fsw2011/agenda/papers/>, June 2011. World Wide Web Consortium -W3C-: Federal Social Web 2011. Online resource : Workshop on Social Network Interoperability & Privacy; Europe.
- [22] E. Shen, H. Lieberman, and F. Lam. What am i gonna wear?: scenario-oriented recommendation. In *Proceedings of the 12th international conference on Intelligent user interfaces, IUI '07*, pages 365–368, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [23] D. A. Smith, M. V. Kleek, O. Seneviratne, M. schraefel, A. Bertails, T. Berners-Lee, W. Hall, and N. Shadbolt. Webbox: Supporting decentralised and privacy-respecting micro-sharing with existing web standards.
<http://people.csail.mit.edu/emax/papers/www2012-webbox.pdf>, 2012. ACM Press. (to appear in the WWW 2012 proceedings).
- [24] S. Thiel, M. Bourimi, R. Gimenez, S. Scerri, A. Schuller, M. Valla, S. Wrobel, C. Fra, and F. Hermann. A requirements-driven approach towards decentralized social networks. In *Future Information Technology, Application, and Service*, volume 164 of *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pages 709–718. Springer-Verlag, 2012.
- [25] C. Wartena, W. Slakhorst, and M. Wibbels. Selecting keywords for content based recommendation. In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Information and knowledge management, CIKM '10*, pages 1533–1536, New York, NY, USA, 2010. ACM.

Guidelines for Designing Graphical User Interfaces of Mobile E-Health Communities

Ricardo Mendoza-González
Instituto Tecnológico de
Aguascalientes
Av. Adolfo López Mateos 1801, Ote.
20256, Aguascalientes, Ags. México
01(152)449-910-50-02
mendozagric@acm.org

Francisco J. Álvarez
Rodríguezⁱ, Jaime Muñoz
Arteaga⁺
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940, 20100
Aguascalientes, Ags. México
01(152)449-910-74-00
ⁱfjalvar@correo.uaa.mx
⁺jmauaa@gmail.com

Alfredo Mendoza-González
Universidad Autónoma de
Aguascalientes
Av. Universidad 940, 20100
Aguascalientes, Ags. México
01(152)449-910-74-00
amendoza_85@hotmail.com

ABSTRACT

This paper presents a set of guidelines oriented to makes easier the creation of well-designed user interfaces of E-Health Communities accessed from mobile devices. We structured these guidelines considering the survey-obtained feedback from users which (regularly) entering social networks from mobile devices. These data were enriched by several approaches presented in previous literature. We show a first draft of the guidelines' application by using, and then we discuss the aspects that we are currently working on which will be reflected in short-term results.

Categories and Subject Descriptors

H. Information Systems. H5 Information Interfaces and Presentations. H5.2 User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6) [**User-centered design**]: User Interfaces Design – *best practices, guidelines, usability principles*.

General Terms

Design, Security, Human Factors, and Standardization.

Keywords

E-Health communities, mobile devices, usability, user feedback.

1. INTRODUCTION

According to Ahern [1], advances in Internet and related information and communication technologies, such as mobile devices, contribute to the fast growth in eHealth; in addition, emerging research works provides support for the beneficial effects of online interactive E-health applications and strategies, and the acceptance and popularity of these items among people. An example of such advances is the E-health Communities, which represents a relatively new strategy. Grimes et al. [2] states that E-health Communities emulate the motion of the Face to Face (FtF) support groups, widespread in Psychology and Psychiatry for the treatment of several disorders and psychological illnesses, such as depressive disorders.

Early in this decade it began using virtual communities as part of

the treatment to improve the quality of life in patients suffering from chronic diseases (e.g. breast cancer, infertility, among others), by means of a number of aspects like: Sharing experiences and information between individuals, professional orientation, promoting the socialization, new medical treatments among others.

The benefits of mobile e-Health Communities could be magnified exploiting the advantages of mobile and ubiquitous computing. According to Friedemann Mattern (Leader of the distributed systems research group at the department of computer science of ETH Zurich), ubiquitous or pervasive computing somehow “*Is a projection of the Internet phenomenon and the mobile phone proliferation phenomenon we observe today into the future, envisioning billions of communicating smart devices forming a world-wide distributed system several orders of magnitude larger than today's Internet*” [3] p. 2. In this fact, we highlight the importance of create strategies oriented to achieve well-designed interfaces for usable mobile E-Health Communities.

In order to contribute to previous efforts, a set of design guidelines is provided here, which is aimed to creating well-designed User Interfaces for usable.

The remaining of this paper is organized as follows: In Section 2 we analyzed some related issues. Our proposal is described in Section 3, including an overview of the creation process and an illustrative example. Finally, section 4 states our current and future work related to this research.

2. PROBLEM OUTLINE

The combination of the Internet with mobile technology creates new alternatives and possibilities, many experts in web applications and communication through mobile devices underscore this fact. However, major challenges also emerge, such as to provide users with adequate applications. Related to this, Charles McCathieneville (Chief Standards Officer, Opera Software), during the 2011 Opera Tour at UNAM in Mexico City, strongly emphasized this fact: “*If users and their devices move, their applications will also be moved*”. Application mobility faces the heterogeneity and hardware limitations of current mobile devices. We believe that these issues are closely linked to user interface design; also, we think that certain elements of generic interfaces must be re-interpreted and rendered according to the specific characteristics of different mobile devices. Therefore, we highlight the lack of well-described strategies and tools, such as

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain. Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

guidelines, methodologies, design patterns, and standards, oriented to achieve this goal. Additionally, we point the need that such strategies should be oriented to create standardized User Interfaces, and easy to implement within the development life cycle.

The user interfaces for Mobile E-Health Communities face an additional challenge; it should be able to contribute to improving the quality of life of patients who use these applications, as their families and friends who accompany them in their treatments.

3. Guidelines for Designing Graphical User Interfaces of Mobile E-Health Communities

In this Section we firstly show the proposed guidelines in order to contribute to narrow the gaps emphasized in Section 2. Then we will describe the guidelines-creation process. We conclude the Section with an illustrative example of the first application of the guidelines by means of a prototype.

3.1 The Proposed Guidelines

The proposed set of non-exhaustive guidelines is following presented:

- *Interface Dimensions:* Limiting the size of the E-Health Community application's interface is crucial to provide easier navigation to the user. We suggest establishing two different versions for the interface. The A version must be oriented to fit in modest pixel resolutions (from 240-by-400 to 400-by-700). These dimensions are within the average screen-sizes of the Top 10 most popular cell phones listed in [4]. Additionally, this pixel resolution may fit even on smart phones such the Blackberry Storm 2. Version B could be fitted within 640-by-960 pixel resolution for novel and vanguard mobile phones such as the iPhone 4.
- *User Representation:* Nowadays, it is very common to hear about avatars and emoticons, which refers to a virtual, himself/herself or alter ego, representation of computer users, in the form of a *three-dimensional* model used in computer games, a *two-dimensional* icon (picture), or even a *one-dimensional* username (e.g. Plain text usernames) used on Internet forums and other communities to identify themselves. Combining multidimensional and one-dimensional avatars to represent the presence of the users/members in the e-health community will allow enriching the user experience by integrating behavioral expressiveness such as happiness, interest, motivation, anger, etc., into avatars and emoticons into the interface design.
- *Number of Screens and Distribution:* We suggest to conform the e-health community application into four principal screens with the following distribution:
 1. *The Authentication Screen:* This screen is oriented to authenticate the users/members' identity.
 2. *The Welcome Screen:* May contain the name and logo of the e-health community, a list of announcements or news of interest for the community members, links to the other sections, and exit options.
 3. *The Blog Screen:* This screen could be divided into two principal parts, one for the blog file, and the other one to write and post comments and information.
 4. *The Chat Screen:* The interface could be divided into three parts. The first part could display the chat archive, the second part, shows the list of the connected user/members, and the

third part exhibits the specific message from a particular user/member of the E-Health Community.

- *Number of Turns:* According to [5], a large number of researches on computer-based communications reveal several common problems experienced by users of chats. A typical problem occurs when a line of text is typed by any participant and envoy to other members of the chat-room, these lines of text are known as *turns*. Additionally, multiple conversations occur simultaneously in chat-rooms among the participants, and the number of *turns* tends to make the conversations confused and disengaged. Furthermore this aspects cause rifts related to the loss of timing-specific information because of constant repetitions and corrections to misunderstandings of previous *turns*. The prevalent problem of *turns* in chats could be mitigated by enabling automatic settings to restrict the number of participants in a chat-room, and eliminating previous *turns* from the principal view (but not from the log) maintaining visible a small number of *turns*. Additionally, the number of *turns* is directly related to an adequate implementation and configuration of the Up-Down Scroll.
- *Scroll bar use:* The Up-Down Scroll must be inserted automatically in all elements of the interface as required. Even though the Up-Down scroll and the lateral (Right-Left) scroll must be inserted automatically, in mobile devices it is very important to avoid the lateral scroll as possible.
- *Date-Time in Content:* Every message, notice, comment, or any other posted information must include the date and time of its creation or issuance. In this way, a better control of the logbook will be achieved.
- *Effective Message View:* According to [6], it is necessary to determine a threshold if the amount of the chatting users/members of the E-Health Community exceed the effective reading of the message. The threshold must be dynamic and dependent on the display specifications of each model of the current mobile phones. Nonetheless, it is necessary to inform new participants about the number of users/members connected in the community. Also it is necessary to provide users/members with an option to view the avatars of all the participants, e.g. by adding a scroll bar to the section of contacts in the Chat Screen.
- *Redundant Clicks:* The click-burden must be kept as low as possible. Most of the processes must be transparent for members/users.
- *Displayable Menus:* The use of displayable menus in mobile interfaces seems to provide users/members with the notion of fast access. A fast access to the content adds value to the usability aspect of any application which stresses on effectiveness, efficiency and users satisfaction [6].
- *Proper Navigation:* It is very important that the interface of the E-Health Community application adheres to the customs and common navigation styles. But it will be necessary to consider that navigation to mobile devices should be more agile than traditional navigation.

3.2 The Guidelines-creation Process

Previous guidelines were conformed by the experiences of thirty participants using a simulated e-health community set in Mobile Facebook (c f. URL: m.facebook.com) one of the most popular social mobile application. In order to attain the users' feedback, we used a simple questionnaire considering the incoming points:

- *Participants:* We asked by e-mail to fifty undergraduate students and twenty Alumni, from the IT and computer science

career, to collaborate in this research work. Seventy undergraduate students and thirteen alumni accepted our invitation to join our simulated e-health community. The participants consisted of eleven women and nineteen men between the ages of 18 and 42 years old. All the participants were Spanish native speakers but with a good level of English.

- *Apparatus*: Our e-health community was set up over the popular public social network Facebook. It is very important to highlight that we do not modify the interface style/design offered by Facebook. We required the user perception about the usability of a current very popular interface for social networks. We think that this information could lead to achieve a realistic user-centered proposal.
- *Tasks*: We chose “Anorexia and Bulimia” as discussion topics. Then, participants were asked to share information and personal opinions on the proposed subject by five consecutive days. Participants were asked to access the community, from their mobile phones, at least three times during the specified time, regardless of the hour or day, in order to not interfere too much in their personal daily activities.
- *Questionnaire*: We structured the following Likert scale-based survey. For this study we used 6 possible answers: strongly agree (SA), agree (A), do not know (DNK), disagree (D), strongly disagree (SD), and unable to assess (UA). We included an open question in the end to capture the participants’ perception about the usability of the interface:
 1. The community interface was well-suited for the mobile phone display capabilities.
 2. The use and presentation of the scroll-bar was adequate.
 3. The design of the interface allows an easy use and understanding of the community content.
 4. Accessing the community options of the interface was agile enough.
 5. The contents of the posted messages were sufficiently intelligible.
 6. The posted information includes data of source and submission date.
 7. The community notifies adequately about the information protection.
 8. It was easier to identify other community members.
 9. The community should have a section for instant messaging (chat).
 10. In general terms, what is your opinion about the access, use, and navigation of the community?

After reviewed the participant’s feedback, we complemented it with previous observations provided by published approaches such as [7 and 8]. We found important consistencies between the feedback and the literature, which allow us to structure the perceptions of the participants in a more organized form.

Additionally, during this study we observed that mobile version of the generic interfaces offered by public platforms, as Facebook (URL www.facebook.com), presents certain shortcomings which could lead to be perceived as limited and poor by users. We believe that these gaps are related to the lack of formal strategies oriented to make easier the design process of mobile interfaces (e.g. design patterns).

The successful implementation of all the previous requirements should lead to a basic but well-designed usable interface, because it incorporates the user perception in implicit way. This is important because whether a person is to use a system to its full potential, be it a web application or a traditional computer system,

it is essential for them to perceive the system as easy to use and understand as possible. Considering this, the interface of an E-Health Community application plays a crucial role in fostering an adequate environment (trustworthy, secure, friendly, and comfortable) between the system and users/members.

3.3 Illustrative Example

In order to illustrate the application of our concept we construct a basic prototype which was entirely endowed from the knowledge offered by our proposal. The interface was thought to fit in the most common screen-sizes of current mobile phones (from 240-by-400 to 400-by-700 pixel resolution, see Interface Dimensions at Subsection 3.1). In this case, we design the interface’s elements using an iPhone-style to add a modern look-and-feel and to make the interface more attractive to the user view. Besides that, we design the interface in order to allow the participants experience the authentication process once, e.g. whether a participant is signed on the chat they do not have to be signed again to use the blog.

3.3.1 The welcome screen

We try to design this interface as aesthetic and minimalist as possible maintaining these aspects in the other screens of the prototype. The Welcome Screen shows intuitive icons (based on real-world metaphors) as links to the principal sections of the E-Health Community. Additionally, we use contrasting colours between text and background, and avoid the blank lines (lines without information that increase the click-burden). The design of this interface was aimed to makes easier its use, interpretation, and handling, in order to significantly contribute to reduce the operation-time of the E-Health Community., see Figure 1-A.

3.3.2 The blog screen

In this case we incorporate a simple greeting to the principal participant and their current status, which may be changed with the option change status, maintaining the binomial Status-Colour mentioned in previous point (Chat Interface). The “Post” element permits to start a discussion topic and is presented like a simple text link in order to save space. Additionally, we include the option “Category” which groups the discussion topics by category. In order to facilitate the identification of these items each category was associated to a particular colour as follows: Outlook-Purple (Personal points of view, opinions, etc.), Information-Pink (Announcements of interest papers, links to websites related to the community topic, among others), and Events-Brown (Meetings for the community members, announcements of social events related to the community’s interest). The discussion topics are showed chronologically by default. The description of each topic was thought to be as simple as possible but trying to avoid ambiguity. We include the title of the Discussion Topic, the Author (Represented by a One-Dimensional avatar which maintain the binomial Status-Colour described before), and the category with the above mentioned format (See Figure 1-B).

3.3.3 The chat screen

Figure 1-C shows the proposed chat interface. We divide the interface in two principal zones; the top section displays the list of participants represented by means of a *one-dimensional avatar* (see *User Representation* in Subsection 3.1). Also present the current general status of each participant, which is associated to a specific colour: *Connected-Green*, *Absent-Yellow*, and *Disconnected / Blocked-Red*. This section includes an informative icon to depict the current chat-activity of each participant as follows: *Pencil Icon*- Writing, *Open-Book Icon*-Reading, and a *Dash “-”* - Non activity. As well as these elements, also includes the options that enable participants to literally block/unblock other particular participants (“*Block*” depicted by the *Lock icon*, and “*Open*” depicted by the *Key icon*). The *Block/unblock* actions do not affect the general status of the participants, in other words, a participant may be blocked by a particular user but they stay connected to the chat/blog applications. Finally the top section of chat-screen presents a simple greeting to the principal participant and their current status, which may be changed with the option *change status*, maintaining the binomial Status-Colour mentioned before. Another trait is the addition of a keyboard shortcut instead of using a button to send a collective message. This is suggested

to the participant by means of text line embedded in the writing area. The bottom section includes the *Writing* and *Reading* areas. For these areas was appropriate configured both, *Number of Turns* and *Up-Down scrollbars* (see Subsection 3.1), in order to show seven text-lines at the time. This *Number of Turns* configuration is wider than others suggested in previous works (see e.g. [6]). Bottom section of chat-screen also includes a “*Tabbed Pane*” element to visualize the participants, which provide a comfortable navigation reducing the number of redundant clicks (see *Redundant Clicks* in Subsection 3.1). *Tabbed Pane* is allied to a *Lateral Scroll bar*; nevertheless this secondary element was configured to show four participants at the time, thereby minimizing the click-burden maintaining a very low use of this element (see *Lateral Scroll Use* in Subsection 3.1). The participants are represented by means of a *one-dimensional avatar* (see *User Representation* in Subsection 3.1) located at the corresponding section of the *Tabbed Pane* maintaining their current status represented by the binomial Status-Colour above mentioned, and highlighting the participant whom they are talking. We complement the identity-representation of the participants by including a *Three-Dimensional avatar* (see *User Representation* in Subsection 3.1).

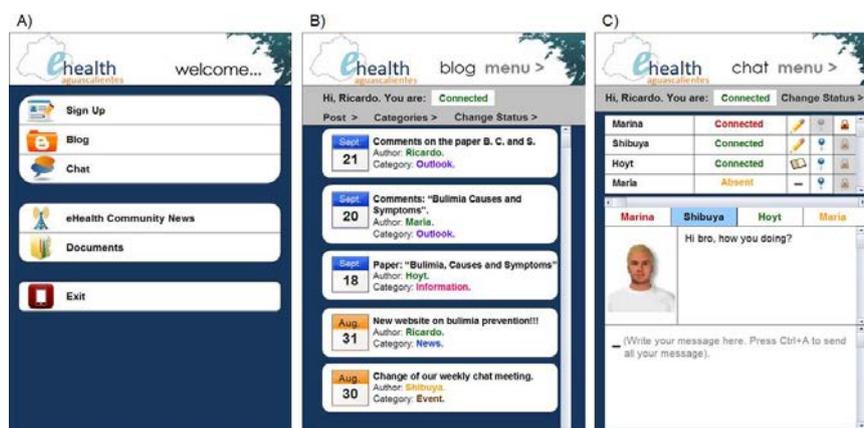


Figure 1. Appearance of the principal screens of the prototype.

4. CURRENT AND FUTURE WORK

Currently we are reviewing additional literature in order to reinforce our state of the art with relevant studies in this field. Also we are set up our prototype in order to perform a usability study using a set of heuristics to correct evaluate the pertinence of our design guidelines. In general terms we are working on the very valuable observations suggested by the referees of the 13th International Conference Interacción Persona-Ordenador (INTERACCION 2012). As a future work we restructure our guidelines in a formal fashion as a set of design patterns by means of a pattern language.

5. REFERENCES

- Ahern, D.K. 2007. Challenges and Opportunities of eHealth Research, *American Journal of Preventive Medicine* 32, 5 75-82, doi:10.1016/j.amepre.2007.01.016
- Grimes, A., Landry, B. M., and Grinter, R. E. 2010. Characteristics of Shared Health Reflections in a Local Community. In *Proceedings of the CSCW'10 Conference on Computer Supported Cooperative Work* (Savannah, Georgia, USA., February 6–10, 2010), ACM Press, 435-444.
- Mattern, F. 2000. *State of the Art and Future Trends in Distributed Systems and Ubiquitous Computing*. Technical Report. Dept. of Computer Science, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- PCWorld Magazine <http://www.peworld.com/reviews/collecti> on /1671/top_10_cell_phones.html, Accessed January 10th, 2012.
- Vronay, D., Smith, M., and Drucker, S. 1999. Alternative Interfaces for Chat, *ACM CHI Letters*. 1,1 (1999) 19-26.
- Su, D. K., and Yee, V. S. 2007. Designing Usable Interface for Navigating Mobile Chat Messages. . In *Proceedings of the OZCHI '07 Australasian Computer-Human Interaction Conference* (Adelaide, Australia, November 28-30, 2007), ACM Press, 291-294.
- Pablo, C., Soto, R., & Campos, J. 2008. Mobile Medication Administration System: Application and Architecture. In *Proceedings of EATIS'08*, Aracaju, Sergipe, Brazil, ACM Press.
- Burak, A. & Sharon, T. 2004. Usage patterns of FriendZone—Mobile Location-Based Community Services. In *Proceedings of MUM'04* (pp. 93-100), Maryland, USA, ACM Press.

Análisis de la Interacción en un Entorno CSCL Basado en Tecnologías Social Media

Iván D. Claros
Universidad Autónoma de Madrid
Departamento de Informática
28049, Madrid, España
+34 914972419
ivan.claros@uam.es

Ruth Cobos
Universidad Autónoma de Madrid
Departamento de Informática
28049, Madrid, España
+34 914972243
ruth.cobos@uam.es

ABSTRACT

Este artículo presenta la descripción de un entorno de aprendizaje colaborativo para la composición de material multimedia educativo. Dicho entorno fue construido en el contexto de tecnologías *Social Media* y evaluado a través de una experiencia de Aprendizaje Combinado, de la cual se han analizado las interacciones de los usuarios según los siguientes tres tipos de acciones: *individualistas*, realizadas sobre objetos propios; *cooperativas*, realizadas sobre objetos de otros usuarios; y de *aceptación social*, que son aquellas que los objetos de cada usuario reciben del grupo. Mediante un análisis de correlación, se ha encontrado que estos tres tipos de acciones están relacionados de forma directa, lo cual se presume como consecuencia del fenómeno de la colaboración efectiva y por tanto podría ser utilizado como indicador del mismo.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education. H.5.1 [Information Interfaces and Presentations]: Multimedia Information Systems - Audio, Video. H.5.3 [Information interfaces and presentation]: Group and Organization Interfaces.

Keywords

Aprendizaje Colaborativo, Social Media, Análisis de la Interacción, Contenido multimedia interactivo, Aprendizaje Combinado.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología puede potenciar el desarrollo de nuevos paradigmas educativos cercanos a la realidad del estudiante. Para ello, debe propiciar espacios para la negociación social, puesto que es ahí donde se construye el conocimiento [1]. Este paradigma sienta las bases de los Entornos de Aprendizaje Colaborativo Asistidos por Ordenador (*Computer Supported Collaborative Learning, CSCL*) [2], los cuales dan soporte a un conjunto de servicios y reglas de interacción, que procuran una participación eficiente y sistémica de los integrantes de un grupo en tareas de aprendizaje. En este sentido, los entornos CSCL deben evolucionar en función de los desarrollos tecnológicos y los enfoques pedagógicos.

Desde un punto de vista tecnológico, las plataformas Web 2.0 y los Medios Sociales (en inglés, *Social Media*) han promovido un cambio tecnológico y cultural, caracterizado principalmente por facilitar a los usuarios, mecanismos para divulgar, criticar-evaluar y construir conocimiento de forma colectiva [3, 4]. Dichas condiciones resultan ser favorables para el desarrollo de propuestas educativas que incentiven habilidades intelectuales de orden superior [5, 6] tales como: pensamiento crítico, habilidades de comunicación y trabajo en equipo; además, facilitan la manipulación de conceptos, afianzando el conocimientos e incentivando una participación activa del aprendiz en su propia formación [3].

Desde un punto de vista pedagógico, una de las principales preocupaciones en el ámbito de la investigación educativa está relacionada con el diseño y utilización de material educativo de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, el enfoque constructivista sugiere que el diseño de material educativo se ocupe, no sólo de la forma en que se presenta la información o la estructura cognitiva del sujeto al que va dirigido, sino también del proceso mismo de definición y construcción [7], y en consecuencia, se deben establecer distintas fuentes de información sobre un mismo concepto, con el objetivo de dar soporte a diversos valores semánticos y niveles de abstracción, procurando la diversidad y estratificación de la información [7].

En este contexto, la presentación de material educativo en formato multimedia resulta ser adecuado para la educación debido al uso de esquemas visuales y contenidos dinámicos que facilitan amplias posibilidades de interactividad; además, que permiten combinar distintos recursos, favoreciendo la diversificación de contenidos. Sin embargo, también requiere de procesos de diseño y manipulación más complejos que las de otros formatos digitales como el hipertexto. Igualmente, cabe anotar que la interactividad es entendida como cualquier mecanismo que promueva una participación del aprendiz en su proceso de enseñanza. En cuyo caso, dichos mecanismos pueden ser tan sencillos como una invitación verbal a realizar una acción, o tan complejos como videojuegos y simulaciones. Por otra parte, se debe advertir que el uso de este tipo de recursos es susceptible de generar gran dispersión y consumo de tiempo por parte de los estudiantes, si no se cuenta con guías apropiadas para su uso educativo [8].

Con base en estos elementos, se ha creado un entorno CSCL soportado en tecnologías *Web 2.0* y *Social Media*, que permite la manipulación e interacción con recursos multimedia (vídeos) y mecanismos de interactividad, para la composición de objetos de aprendizaje multimedia. Hemos denominado a este entorno: Sistema de Medios Sociales para el Aprendizaje (en inglés, *Social Media Learning System - SMLearning*) [9].

Por otra parte, SMLearning ha sido evaluado en un escenario de Aprendizaje Combinado (en inglés, *Blended Learning*, BL) [10], lo cual, es una práctica que propone la fusión de actividades en línea y cara-a-cara que fomenta un mayor sentido de comunidad, comparado con grupos totalmente presenciales o virtuales [11]. Este artículo presenta un análisis a dicha experiencia, relacionado con la interacción de los usuarios en el sistema.

En este contexto, es pertinente mencionar algunos de los trabajos de investigación relacionados con el Análisis de Interacción en escenarios de aprendizaje colaborativos, tales como: Los Indicadores de Cooperación [12]: *Estrategia, Cooperación inter-grupal, Revisión de Criterios de Éxito, Monitorización y Desempeño*; e Indicadores de Colaboración, aplicados a las redes de investigación científicas [13]: Índice de Colaboración (*Collaborative Index*, CI), Grado de Colaboración (*Degree of Collaboration*, DC) y el Coeficiente de Colaboración (*Collaboration Coefficient*, CC). También se sugiere realizar un análisis cualitativo de las tareas desarrolladas seguido de un análisis social y cuantitativo del desempeño [14]. Y finalmente, se debe citar el creciente interés por aplicar técnicas de minería de datos al análisis de escenarios educativos [15]. La importancia de realizar este tipo de análisis radica en la posibilidad de mejorar la comprensión de los procesos ejecutados, con el fin de facilitar las tareas de seguimiento y evaluación de las actividades por parte del docente.

Este artículo presenta un enfoque alternativo a dichas propuestas y sugiere una separación de la información a tres niveles: *individualista*, o acciones que cada individuo realiza sobre objetos propios; *cooperativa*, o acciones que los individuos realizan sobre objetos de otros participantes; y de *aceptación social*, que son aquellas que los objetos de cada usuario reciben del grupo. Desde nuestra experiencia, existe una dependencia lineal fuerte entre estos tres tipos de acciones, lo cual podría ser utilizado como indicio de colaboración efectiva.

A continuación se realiza una breve descripción de los servicios y reglas de interacción soportados por SMLearning. La sección 3, presenta la experimentación realizada, y detalla el modelo de objetos y relaciones que permiten realizar el análisis de la interacción de los usuarios. Finalmente se ofrece una sección de conclusiones y trabajo futuro.

2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

SMLearning es un entorno de soporte a la colaboración que utiliza recursos multimedia y mecanismos de interactividad, tales como, cuestionarios, hipervínculos y simulaciones, para componer material educativo, mientras procura un espacio de aprendizaje *Social Media*. La figura 1, presenta un diagrama conceptual del entorno desarrollado, el cual se divide en tres grandes módulos: *Gestión*, *Composición* y *Reproducción*.

El módulo de *Gestión* habilita herramientas que permiten a la *Comunidad* crear y gestionar una base compartida de recursos multimedia; lo cual está relacionado con servicios de manipulación de recursos; etiquetado; valoración; notificación y comentarios. Por su parte, el módulo de *Composición* habilita para la *Comunidad*, el diseño y creación de Objetos de Aprendizaje que combinan la base de recursos compartido y mecanismos que procuran la interactividad, tales como formularios, o acciones que manipulan el contenido; estos objetos de salida se han denominado Guiones Multimedia de Aprendizaje (GMA). Finalmente, el módulo *Reproducción* es un servicio multiplataforma que habilita el consumo del los GMA en entornos

Web, Móviles y de Televisión Digital, proporcionando mecanismos de seguimiento a la interactividad contenida en el objeto multimedia.

Adicionalmente, SMLearning ha sido diseñado para dar soporte a distintas vistas de información de conciencia grupal (*Awareness*) que facilitan procesos de monitorización sobre las acciones de usuario, y además, mejoran la percepción del usuario hacia el entorno y las tareas como parte de un proceso colaborativo [16, 17].

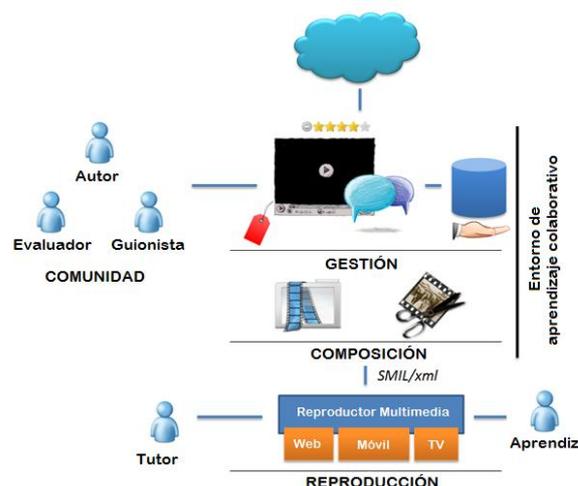


Figura 1, modelo conceptual del entorno SMLearning

Por otra parte, en la figura 1 también se puede observar el conjunto de Actores definidos para el sistema, es decir: *Autor*, *Evaluador* y *Guionista*; agrupados en el concepto de *Comunidad*, y encargados de la creación colaborativa de los GMA; mientras que los actores *Tutor* y *Aprendiz*, se relacionan con los procesos de consumo y seguimiento de los objetos. La dinámica social de aprendizaje propuesta para este entorno ha sido dividida en cuatro fases: *Análisis*, *Síntesis*, *Composición* y *Consumo*.

En la fase de *Análisis*, los *Autores* comparten recursos alrededor de una temática establecida, similar a una lluvia de ideas, donde el estudiante descubre y explora siguiendo sus preferencias. En contra parte, los *Evaluadores* ofrecen comentarios y críticas que intentan mantener la calidad y pertinencia de los aportes. En nuestra experiencia, todos los estudiantes asumieron ambas actuaciones. Similar a la técnica *Tablas de Agrupamiento* [18], la fase de *Síntesis*, identifica los principales subtemas que hayan surgido en la discusión y agrupa en ellos los distintos recursos del repositorio. Para ello, se deben realizar sesiones de discusión que aclaren los principales conceptos y les asignen una prioridad para el tema de interés. La Fase de *Composición* convierte a los participantes en *Guionistas*, para que construyan un *StoryBoard*, sobre uno o varios conceptos identificados. Para ello utilizan tanto los recursos como los mecanismos de interactividad que el sistema provea. La fase de *Consumo* hace que los *Aprendices* interactúen con los GMA. Esto puede llevarse a cabo en un espacio personal, en donde el *Tutor* puede llevar un control asincrónico de la manera en que el *Aprendiz* interactúa con el objeto o en sesiones de discusión abiertas donde los *Guionistas* deben defender sus creaciones, mientras el *Tutor* refuerza los conceptos expuestos.

3. ANALISIS DE LA INTERACCIÓN

Para el análisis de las interacciones de los estudiantes con el sistema, se ha propuesto una separación de acciones en tres tipos. Tipo I, *individualistas*: acciones que cada individuo realiza sobre objetos propios, por ejemplo agregar comentarios a sus propios recursos; reflejan los aspectos de responsabilidad individual y obedecen al modelo clásico del desempeño de un usuario en un entorno educativo. Tipo II, *cooperativas*: acciones que los individuos realizan sobre objetos de otros, por ejemplo agregar comentarios al recurso de un compañero; son indicios del nivel de cooperación que un estudiante realiza sobre el grupo. Tipo III, *aceptación social*: acciones que cada individuo recibe de la comunidad a través de sus objetos, por ejemplo, los comentarios que reciben sus recursos; este tipo de acciones son indicios sobre la calidad y pertinencia de los aportes realizados, de tal forma que incentiva la interacción de la comunidad con esos objetos.

Como hipótesis, suponemos que existe una relación directa entre las acciones que un usuario realiza de forma cooperativa y las que percibe a través de sus objetos, es decir, un equilibrio entre lo que entrega al grupo y lo que recibe de él. En consecuencia, el adecuado balance entre los tres tipos de acciones se presume como indicio de una colaboración efectiva. A continuación se describe el entorno experimental bajo el cual se llevó a cabo la experiencia de aprendizaje combinado utilizado para validar esta hipótesis.

3.1 Entorno Experimental

En el contexto de la asignatura de Sistemas Colaborativos, del Máster Oficial en Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), entre los meses de septiembre de 2011 y enero de 2012, fue puesta en marcha una experiencia de aprendizaje combinado que hizo uso del entorno y guía metodológica propuesta para SMLearning.

En coherencia con esta propuesta, se programó una serie de sesiones de control para dar inicio a cada una de las fases de la metodología. Dichas sesiones fueron combinadas con clases presenciales tradicionales en las cuales se desarrollaban los contenidos de la asignatura:

La primera sesión dio inicio a la fase de *Análisis*; en ella se realizó una introducción a la herramienta y se acordó el tema central de discusión, además de criterios de calidad para los vídeos, comentarios y votaciones. Posteriormente, los estudiantes trabajaron de forma autónoma durante un mes, antes de la siguiente sesión de control. La segunda sesión marcó el inicio de la fase II, *Síntesis*; con base en los resultados de la fase anterior, se acordó una especialización por subtemas en los cuales se debían organizar los recursos. Una vez distribuida la responsabilidad de que cada estudiante gestionara dos subtemas, se programó un periodo de dos semanas para completar esta fase. La tercera sesión señaló el inicio de la fase III, *Composición*; en ella se hizo una introducción a los servicios de composición y se asignaron a cada estudiante dos subtemas para desarrollar sus GMAs. Como criterios se estableció una duración aproximada de 10 minutos por guión, y al menos una pregunta de interactividad; además, se debía entregar un documento que hiciera un desarrollo conceptual del subtema e incluyera preguntas de discusión. Para esta fase se programaron dos entregas separadas por una semana. La fase IV, *Consumo*, se desarrolló a lo largo de tres sesiones presenciales en las cuales se expusieron y discutieron los distintos GMAs elaborados. Dichas discusiones fueron orientadas por el docente con la participación activa de toda la comunidad.

3.2 Resultados

Esta experiencia fue analizada a través de dos instrumentos: el primero, un registro detallado de las acciones de los usuarios en el sistema; el segundo, una encuesta de usuario, enfocada a medir el nivel de motivación y satisfacción alcanzado por los estudiantes durante la experiencia, además del nivel de usabilidad percibido de la herramienta. En total, la experiencia contó con 11 participantes: 6 estudiantes (E0,...E5), 3 docentes y 2 investigadores. El número total de recursos identificados por los estudiantes fue de 163 vídeos, divididos en 18 subtemas; 268 comentarios fueron realizados; y 16 GMAs construidos; en conjunto, 6335 acciones registradas de los estudiantes en el sistema. Pero para efectos de nuestro análisis, solo se tuvieron en cuenta las acciones relacionadas con las tareas de votar y comentar recursos.

La distribución de las 373 acciones de votación a recursos realizadas entre estudiantes se presenta en la tabla 1. En ella se han establecido por filas los votos que cada estudiante (E_i) realizó a los recursos del estudiante señalado en cada columna. Los valores de la diagonal de esta matriz representan la valoración a recursos propios, es decir acciones Tipo I; mientras que la columna Aportados representa las acciones de Tipo II y la fila Recibidos a las acciones de Tipo III.

Tabla 1, distribución de las acciones de votación por recursos de usuarios

	E0	E1	E2	E3	E4	E5	Aportados
E0	5	9	3	5	7	6	35
E1	16	24	14	14	20	16	104
E2	9	10	20	5	9	9	62
E3	6	10	7	17	13	6	59
E4	4	10	5	6	21	5	51
E5	6	7	12	4	9	24	62
Recibidos	46	70	61	51	79	66	373

Esta información fue reorganizada en una matriz $n \times 3$; siendo n el número de estudiantes participantes, y 3, los tipos de acciones. Sobre esta matriz se aplicó un análisis de correlación para verificar si existe una relación lineal positiva entre dichos tipos. Este procedimiento se realizó tanto para los votos como para los comentarios realizados sobre los recursos. La tabla 2 presenta los valores de correlación encontrados en estas relaciones. Según se observa, existe una correspondencia directa y positiva entre los tres tipos de acciones, siendo más notoria esta dependencia en las acciones de comentario que de votación. Los valores encontrados son altos y positivos, lo que confirma la hipótesis de partida, dado que desde nuestra experiencia, las actividades realizadas reflejan una alta participación colaborativa.

Tabla 2, análisis de la correlación entre tipos de acción para las votaciones

	I-II	I-III	II-III
Votos	0,676	0,621	0,439
Comentarios	0,804	0,827	0,740

Por otra parte, se realizó un análisis de consistencia interna mediante el Alfa de Cronbach a los resultados de la encuesta

realizada a los estudiantes, obteniendo un valor de 0.905, que representa un nivel de fiabilidad alto sobre los datos. En dicha encuesta se indagaron aspectos tales como el nivel de satisfacción hacia el uso de la herramienta y metodología propuesta, además del nivel de motivación de los estudiantes por el aprendizaje; todo ello, utilizando escalas cuantitativa de 1 a 10 (valor máximo).

En este sentido, las fases de *Análisis y Reproducción* produjeron mayor satisfacción a los estudiantes, con valores promedio de 8.0 y 8.5, respectivamente. La metodología en conjunto obtuvo un valor de 7.5, y los servicios de soporte 8.33. Otra medida importante a destacar está relacionada con el nivel de motivación, estimada en 8.33. Los valores de motivación fueron contrastados con la calificación final obtenida en la actividad, a través del análisis de regresión lineal estimado en el coeficiente de determinación (R^2), donde se obtuvo un valor de 0.57, lo cual se interpreta como relación alta, directa y positiva entre el nivel de motivación y el nivel de aprendizaje alcanzado.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Este artículo ha presentado la descripción de SMLearning: un entorno de aprendizaje colaborativo basado en tecnologías Social Media para la creación de material multimedia educativo. Los objetos digitales de aprendizaje generados a través de este entorno combinan recursos de video, imágenes, textos y mecanismos de interactividad para fomentar una participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje.

Por otra parte, se ha descrito una experiencia de aprendizaje combinado utilizando este entorno, en donde se ha propuesto un modelo de análisis de interactividad para entornos colaborativos basado en tres tipos de acciones: individuales, cooperativas y de aceptación social. De acuerdo con los datos presentados, estos tipos de acciones están fuertemente correlacionados, lo cual podría ser utilizado como un indicador de colaboración efectiva.

Adicionalmente, el nivel de motivación y desempeño alcanzado han sido analizados a través del coeficiente de determinación lineal (R^2), obteniendo un valor de 0.57, el cual se puede considerar alto y permite concluir que existe una dependencia positiva fuerte entre la motivación y el aprendizaje logrado; lo cual es coherente con la intuición y plantea pruebas a la hipótesis de que un estudiante con alta motivación obtiene un mayor aprendizaje. Como trabajo futuro se plantea el desarrollo de nuevas experiencias y evolución de la herramienta hacia entornos móviles y de televisión digital.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación está parcialmente financiado por el Plan de I+D del Ministerio de Educación y Ciencia, id. del proyecto TIN2011-24139, la Comunidad de Madrid, id. del proyecto S2009/TIC-1650 y la Universidad Autónoma de Madrid, id. del proyecto EPS-L2/4 (2011).

6. REFERENCIAS

[1] Vygotsky, L. 1962. Thought and language. (E. Hanfman & G. Backer, Trans.) Cambridge, MA.: M.I.T. Press (Originally published in 1934).

[2] Dillenbourg, P., Eurelings, A., Hakkarainen, K. 2001. (Eds.). European perspectives on computer-supported collaborative learning. The proceedings of the First European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. University of Maastricht.

[3] Kaplan A.M., Haenlein M. 2010. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media, *Business Horizons*, 53, 1, 59-68.

[4] Agichtein, E., Castillo, C., Donato, D., Gionis A., and Mishne, G. 2008. Finding high quality content in social media. In: Proceedings of the international conference on Web Search and Web Data Mining (WSDM '08), pp. 183-194. ACM Press, Stanford, USA.

[5] Gagné, R.M. 1977. The conditions of learning, Nueva York, Holt, Rinehart & Winston.

[6] White, R.T., Mayer R.E. 1980. Understanding intellectual skills. *Instructional Science*, 9, 2, 101-127.

[7] Aparici, R. 1999. Teorías de aprendizaje para el diseño de material pedagógico. *Nuevas Tecnologías y Educación*. UNED, octubre 99.

[8] Bravo, J.L. 2000. El video educativo. [Online] <http://bit.ly/jXOtJ3>.

[9] Claros, I., Cobos, R., 2012, An approach for T-Learning Content Generation based on a Social Media Environment, EuroITV'12, July 4-6, 2012, Berlin, Germany (in press).

[10] Graham, C.R., 2005, Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, and Future Directions. In: *Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, local designs*, San Francisco, CA: Pfeiffer, 3-21.

[11] Rovai, A., & Jordan, H. 2004. Blended Learning and Sense of Community: A Comparative Analysis with Traditional and Fully Online Graduate Courses. *The International Review Of Research In Open And Distance Learning*, 5, 2.

[12] Collazos, C., Guerrero, L., Pino, J., and Ochoa, S. 2002. Evaluating Collaborative Learning Processes. Proceedings of the 8th International Workshop on Groupware (CRIWG'2002), Springer Verlag LNCS, 2440, Heidelberg, Alemania.

[13] Rousseau, R. 2011. Comments on the modified collaborative coefficient. *Scientometrics*, 87, 1, 171-174.

[14] Daradoumis, T., Martínez-Mónes, A., Xhafa, F. 2006. A Layered Framework for Evaluating OnLine Collaborative Learning Interactions". *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 7, 622-635.

[15] Romero, C. 2010. Educational Data Mining: A Review of the State of the Art. *IEEE Transactions on*, 40, 6, 601-618.

[16] Gutwin, C., Stark, G., Greenberg, S. 1995. Support for workspace awareness in educational groupware. In *The first international conference on Computer support for collaborative learning (CSCL '95)*, 147-156.

[17] Cobos, R., Claros, I., Moreno, J., 2009, A proposal of Awareness Services for the Construction of Quality Community Knowledge supported by the Knowledge Management system KnowCat, Proceedings of International Conference Human-Computer Interaction, 365-374.

[18] Barkley, E., Cross, K., Howell, C. 2007. Técnicas de aprendizaje colaborativo: manual para el profesorado universitario, Ediciones Morata, 165-167.

Active Citizenship: A System to Inform About Problems to the Local Entities

Habib M. Fardoun
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
hfardoun@kau.edu.sa

Abdulrahman H. Altalhi
Information Technology Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah Saudi Arabia
+966 6400000 51332
ahlalhi@kau.edu.sa

Sebastián Romero López
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+ 966 6400000 51332
Sebastianromero@gmail.com

ABSTRACT

New technologies are becoming faster procedures for local governments, authorities, banking, etc. Such as, requesting legal and authorization documents through the Website, and booking sports facilities. Till now, this type of actions is done from the legal organization side, to resolve and help users, to perform their actions in a smooth way. In this paper, we present a system to help these organizations, an especially the governments authorities. Thus, our daily experience shows us that daily, citizens encounter many obstacles, barriers, hindrances, hurdles, and other impediments, that must be resolved. Our system resolve the question, How to report on all this in a simple and fast way? It is intended to solve the time problem with the massive incorporation of mobile devices with GPS capabilities, camera and Internet access. And by this, we foster and create an increasingly active citizenship.

Categories and Subject Descriptors

C2.1 [Network Architecture and Design]: Message sending - Network communications; D4.7 [Organization and Design]: Distributed systems - Interactive systems; I3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques; H.5.2 [User Interfaces]: Graphical user interfaces (GUI) - Interaction styles.

General Terms

Management, Economics, Reliability, Experimentation, Security, Human Factors

Keywords

GPS, Mobile devices, Mobile applications, User Interfaces, Model-Based User Interface Development Environments, Social Networks, Rewarding, Active Citizens, Saudi Arabia applications.

1. INTRODUCTION

All wireless devices, or most of them, come with all the basics features, and give us the power and possibility of using various

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 '12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

mobile applications, as each one of us wants and needs [1]. In our day-to-day, mobile device is no longer being an accessory; it has become an indispensable tool, which many people could no longer perform many, of their daily, actions without it, and without the facilities that this brings. It is no more just to make phone calls, it is also a built-in camera to capture the moments that we consider most relevant, a Global Positioning System (GPS) data reception of our current position, and to listen to music online, either by downloading it, or because we have passed the music from the computer to the mobile. In total, thanks to the convergence of technologies, it has been possible to unify computing, communications, and image storage in mobile devices and make it available to virtually everyone [2].

According to studies conducted by the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD): "Saudi Arabia occupied the first rank among the countries with the highest proportion of mobile phone users in the world with a ratio of 188%." [3]. Furthermore, these studies confirm that the access to Internet in Saudi Arabia, through mobile devices is a reality and in an exponential increase. And today, it is just normal to see people checking their email through their "Smartphone", anytime. And for that, we can confirm that Internet is taking the final step from computer screen to the mobile screen, which causes significant changes in the devices and changes in our own customs. The application presented in this article aims to exploit these significant changes to improve our society.

The system to be treated here is a software application that normally can be downloaded, in a matter of seconds, for free, online and stored on the mobile device for future use. The application uses the Smartphone's camera, the location capability of the GPS and Internet access to communicate with the system of the Jeddah council. In the current developed version, of the application, it does not take into account the security and privacy, of the used information, between the devices and the server.

2. STATE OF ART

There are many applications for mobile devices (Android, IOS, and Windows Phone, etc.) that make use of GPS to inform about a specific action, and making use of the phone camera. Some of these applications are: *Layar* [4], *Wikitude* [5], *Brightkite* [6], *Zagat nru* [7], *CoPilotLive* [8], *a2b* [9], *Waze* [10] and *Sherpa* [11].

After studying and analyzing these applications, we obtained the needed information of how to develop our system, like how to make use of the GPS service, and upload the information

(Pictures), at the same time, to the server map, so the responsible can view it. In our case, we add several points more than those applications, which make it more innovative, as the PRSN and to be part of improving their environments.

3. MOTIVATION AND GOAL

3.1 System Description

Citizens from all over, see daily small (or sometimes big) problems around them. At the same time, all, or most of them, would like to see their environment being perfect. But sometimes, they do not know where or with whom they have to talk with, to see these problems resolved. Several studies [] show that the citizens do not interact, or help, to resolve the problem because lack of time. In a society in which agendas are increasingly tight, it is very hard to find time to report something that belongs to the work of others (employees of local public entities).

We describe the application idea, by presenting an example scenario: Ahmed is a city of Jeddah (Saudi Arabia), every day; he goes walking to his work, thus it takes almost 10 minutes. David is a person that likes to save, as much as possible, in concern to energy and water consumption. On his way to work, he goes through a small city park; this park has facilities for automatic watering of plants and trees. Occasionally, David is desperate of seeing large puddles of water, near to the automatic watering hose, because there was a small break in it, seeing that by this there is irresponsible lose of water, which influence in making the other plants have no enough water. And what really pissed him is to see this kind of circumstances all the entire week.

Ahmed, and as so many citizens, feels powerless of seeing malfunction or problematic actions in their environments. Powerless because they do not know who to contact, or because they see unnecessary costs, that are paid with taxes of all citizens. The example of bad water consumption is one of countless examples that Ahmed could find in his way to work. Some other examples might be: poor condition of sidewalks, poor or marking pedestrian crossings, poor condition of waste containers and so much more.

The system created can encourage easier and faster communication between citizens and the various entities of their environment. The key element of the system is the mobile device. Since many of these devices now integrate camera, GPS and Internet access, by taking advantage of these features, we meet the primary objective of the system. This objective is to achieve a faster and more efficient communication between citizens and local authorities (district and national also possible).

3.2 Functionalities

In this sub-section, the main features of the system are presented. We begin with the conceptual model, used by the public, to understand the basic steps that must be given, to proceed, to report any incidence. The basic conceptual model of the system functionality can be seen in Figure 1.

As first step, the citizen finds a problem in his environment. The second step would be to start the application and take a picture. The application is responsible for detecting the position the given scenario making use of the GPS service, the mobile has. And finally, as a third step, the citizen should select the entity that will receive the information, and click the send button. That would close the basic cycle of a user's participation in the system, with

three key points: detection, making the picture and localizing, and sending information.

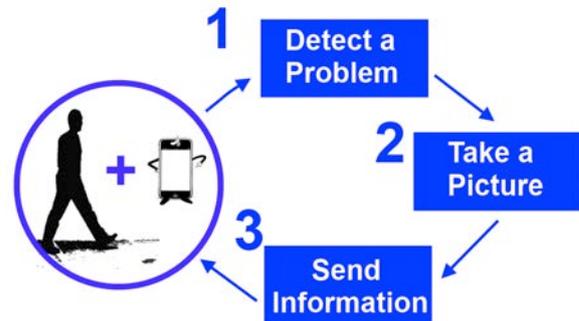


Figure 1. Citizen Conceptual Model (Basic)

The sending option was implemented to take place when there is an internet connection, if a user does not have contracted data rate in the terminal and he finds an irregular scenario, he can perform the first two steps of the application, and leave an incidence pending rule, and when the application detects that the mobile has internet connection (WI-FI), it would send the information to the host application.

Figure 2. Shows the local authority, the other important part of the system. We can observe the main steps to be taken once it receives the information from the citizen, who is using the system. As a first step, therefore, we have the reception of information. Subsequently, and depending on whether the information sent was received correctly, it will be evaluated by an official of the entity, taking the actions necessary to resolve the potential implications. Finally, only in the case of registered citizens in the system, entities send a response message, as well thanking, or to report on whether they will proceed or not for the resolution of the incident (Time, how long it will take, etc.), this message will depend on the Policy of use, that the entity of the tool has.

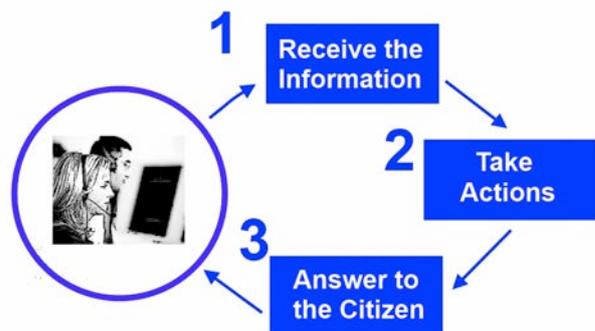


Figure 2. Entity Conceptual Model (Basic)

For the receipt of information, from the side of the different entities, it is always carried out online, by having different capabilities and functionalities.

3.3 Mobile Device User Interface

The system can be accessed from several types of interfaces: Web interface and / or application for mobile device, thus it being developed applying Model-Based User Interface Development Environments (MB-UIDE) [12].

It is expected that the major percentage of citizens who will use the application are not expert with mobile use. For that the application user interface was design with reduced functionality, to facilitate the process seen above in Figure 2., and explained in Citizen subsection.

This part of the system has the following screens:

- Login screen: In this screen the user can choose to log into the system anonymously or by entering his credentials.
- Display Options: This screen appears once the user is logged in, just after the login screen, and shows the different options, the user has to inform, such as: answers, ranking and sending record history.
- Display reports: One of the most important, as is the trigger, of the whole process. Very simply, its aim is to take the photograph of the incident and select the entity to which it will send the information.
- Display replies: the user can access through this screen to the responses that the local authorities sent him, through the system (not email). The answers will be sent to the user email cannot be accessed through this screen.
- Screen ranking: In this part of the application, the user may consult the ranking of most active users, in the system, during the last month and last year, and seeing the users own position.

Display history: The user can access all submissions, of incident information that has been done, arranged.

3.4 Technical Issues of The System

For the design and development of the system, we worked with TOUCHE application [13].

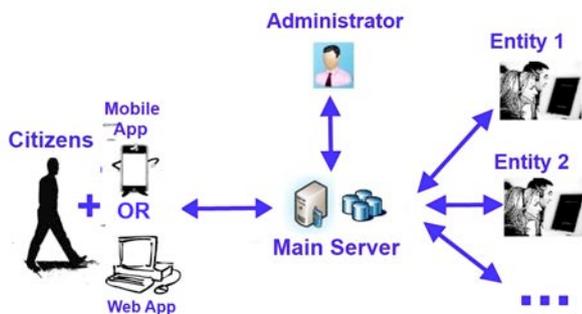


Figure 4. System Architecture

The possible software and hardware architecture (basic) of a PRSN can be seen in Figure 4. You can observe the system server, between the citizens and institutions, with the administrator in charge to control its correct functioning. The use of the mobile device is the key element of the whole system, thus it allows saving time, and fast reporting of any incidence, the citizens may see in real time. But, it is necessary to remember that this reporting can also be done through the use of the system Web application. So the major hardware elements that construct the system are: citizens' mobile devices, citizens and organizations computers and a server system or central servers. Regarding the software elements, they work over a database installed in the central server.

Once the description is submitted, next we present the overall conceptual scheme, which contains the key features: user interfaces and technical characteristics of the system; see Figure 5. The basic part of the system is the union of users and entities to it. Without this part it becomes meaningless.

With the use of A-GPS service [14], that almost all new mobile devices have, users will achieve a faster location and positioning, once they run the application. So, once the user start up his mobile phone, this will sent to an external server a request to identify the antenna and get a response of the satellites that are overhead him and his position (they are stored in the external server, and depending on the user position will give him the data of a satellite or other), by this the user will obtain a faster and high speed navigation. Normally the received information by the mobile phone comes via HTTP, regardless of the operator the user has.

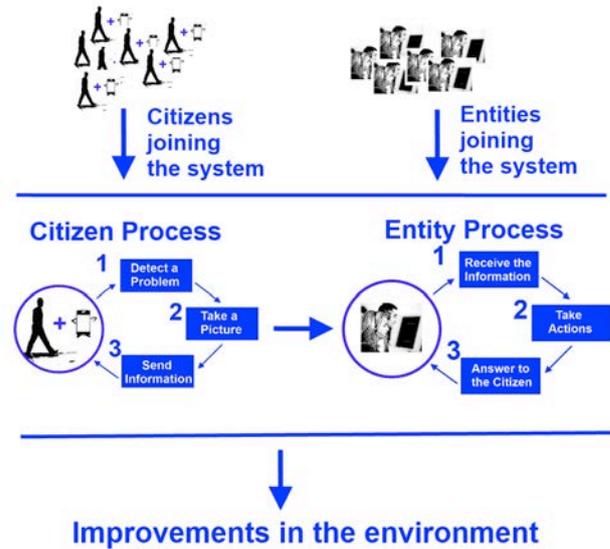


Figure 5. Global model of the system

3.5 Positive Reinforcement

With the idea of motivating users to use the application, we introduce into the system some of the characteristics relating to positive reinforcement, by using these features we are intended to encourage the participation, and at the same time, the users will be reward in some way.

The idea of Positive Reinforcement Social Network (PRSN) was applied because its well acceptance in the past applications we have present in the last several years. Positive Reinforcement Social Network (PRSN) [15] - Is a social network in which individuals interact with each other and their environment in an ethical manner. In it, users may propose, implement and collaborate on actions and/or events that have a positive impact on them, the others and their environment. Also, as a result of doing these good actions, users are rewarded by the system.

Therefore, PRSNs have a number of features added to the existing social networks, controlling these good actions and its respective awards. Positive reinforcement is specified in a virtual currency (which will be backed by real currency environment PRSN) and virtual points (these points do not need financial support). Users can accumulate and eventually exchanged them for real benefits. An action is described as good, if a reward is given by the system when users participate in this action. We may consider the system as a PRSN by itself, thus it affects positively on the user's

environment. However, the monetary issue is not taken into account in this first design. However the ranking if it is implemented. Thus institutions and citizens will have access to more participatory ranking citizens.

The system generates automatically, every month, a first diploma in PDF to be sent (by email) to the most participatory citizen. In addition, it will also have a certificate like the three year participatory citizens. Although, even that this original certificate of recognition is only an emotional value; some local authorities may add some kind of prize or sponsorship to the ranking.

4. CASE STUDY

This section shows the results of a survey, on the usage preferences of citizens, held prior to the prototype testing.

4.1 Preference Use Survey

The survey was done, in the prior month of testing the prototype in a real environment, with a total of five people with different ages and backgrounds. The questions were aimed at knowing the intentions of the use of the citizens of the system. Some of the questions asked and answers were: Would you be willing to spend money to report the local authorities about some incidence in your town? 95.4% answered “NO”. Are you willing to report the local authorities if it is for free? 91.43% answered, “YES”. Are you willing to spend 30 or more minutes of your time to give the relevant notice? 71.43% responded “negatively”. What if the time is less than 5 minutes? 83.81% responded affirmatively. Do you have a mobile device with camera and GPS? 28.6% responded affirmatively.

4.2 Testing the Prototype

The prototype testing has been conducted with the help of a neighborhood association. A total of ten users “volunteers” who were using the mobile device application of the system, during a month. The incidents sent by users were processed and sent to the citizen attention email, of the city council. Since initially, the first real test in the application does not get the acceptance of the participation and involvement of this local authority.

At the end, we conducted a user survey to those users who participated in the prototype testing. Some of the most important results are as follows: 90% consider the application very useful. 100% think that the successful implementation depends on whether local authorities are actually taken seriously the information sent by the citizens. Also note that the council took action on some of the incidents submitted by citizens.

4.3 Comparing Time

Taking Jeddah (Saudi Arabia) as benchmark city, are presented below a number of times, estimated means, when performing a set of actions, which the proposed system in this paper, could be made in almost two minutes. Table 2 contains the actions and the average time associated to it, taking into account the pace of walking of a healthy person aged 18 to 60 years. Although, there could be many more actions or incidents for which user can report. Next a short list that can give an idea of the estimated time spent on similar actions.

Table 2. Actions and Time Estimation

Action	Walking	Motorized
Street furniture problems	10	5

Problems in parks (Big)	5	-
Notification of abandoned car	10	5
Lack of container	10	5
Incidents in big shopping centres	5	-
Incidents in university campus	5	-

It was not taken into account the possibility of calling to local authorities, thus it is not an emergencies situation. Also not all local authorities are able to have a dedicated person, during all the time, pending to the phone, to be able to respond and take action against any type of incident detected by the users.

5. CONCLUSIONS & FUTURE WORK

As has been demonstrated especially in the performed case study, the introduction of such systems in our social settings facilitates the communication between citizens and the local authorities. By providing this communication faster improvement occurs in our environment and a better social climate is obtained.

As a future improvement of the system, we are working on the introduction of an intermediate step, in sending the information, through which the sent image, by the citizen, is analyzed and checked whether it meets certain standards. So in the case of reporting an image of a abandoned car, the system will check if the user is sending the information to the right entity, and if not they are working properly, the system will proceed to send an automatic correction.

6. REFERENCES

- [1] K. A. Banitsas, P. Georgiadis, S. Tachakra, D. Cavouras. 2004. Using handheld devices for real-time wireless Teleconsultation. 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. San Francisco, CA, USA
- [2] B. Rao, L. Minakakis, 2003. EVOLUTION of Mobile Location-based Service. COMMUNICATIONS OF THE ACM December 2003/Vol. 46, No. 12.
- [3] UNCTAD: <http://unctad.org>
- [4] Layer: <http://layar.com/>
- [5] Wikitude: <http://www.wikitude.com/>
- [6] Brightkite: <http://mashable.com/follow/topics/brightkite/>
- [7] Zagat nru: <http://www.androidguys.com/2009/06/05/demo-of-zagats-nru/>
- [8] CoPilotLive: <http://copilotlive.com/>
- [9] a2b: <http://www.androidtapp.com/a2b/>
- [10] Waze: <http://waze.com>
- [11] <http://www.androidtapp.com/shepa-discover-your-world/>
- [12] Fardoun, H. M., Montero, F., & López Jaquero, V. (2009). eLearnXML: Towards a model-based approach for the development of e-Learning systems considering quality. Adv. Eng. Softw. 40, 12, 1297-1305
- [13] Penichet M. R., Víctor; Lozano, María D.; Gallud, José A.; Tesoriero, Ricardo: User Interface Analysis for Groupware Applications in the TOUCHE Process Model. International Journal of Advances in Engineering Software (ADES). ISSN: 0965-9978, 40, 12 (Dec. 2009), 1212-1222

- [14] Reddy, S., Mun, M., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Srivastava, M. 2010. Using mobile phones to determine transportation modes. *ACM Trans. Sensor Netw.* 6, 2, Article 13 (February 2010), 27 pages.
- [15] Fardoun, H. M., Daniyal M. Alghazzawi, Sebastián Romero López, Jose A. Gallud. Proposed model for social and collaborative social network of positive reinforcement. *Information Technology : New Generations, ITNG 2012, Las Vegas, Nevada, USA, April 16-18 2.012.*
- [16] Mark S. Searle, Edgar L. Jackson. Recreation Non-Participation and Barriers to Participation: Considerations for the Management of Recreation Delivery Systems. Vol 3, No 2 (1985).

Realidad Virtual y Aumentada

Interacción 3D en Entornos de Realidad Aumentada Utilizando Dispositivos Móviles Multitáctil: Efectos del Tamaño de Marcador y Dispositivo

Asier Marzo

Public University of Navarre
Pamplona, Spain

asier.marzo@unavarra.es

Benoît Bossavit

Public University of Navarre
Pamplona, Spain

benoit.bossavit@gmail.com

Oscar Ardaiz

Public University of Navarre
Pamplona, Spain

oscar.ardaiz@unavarra.es

ABSTRACT

Durante los últimos años la popularidad de la Realidad Aumentada (RA) ha ido creciendo de forma considerable. Ha pasado de ser una tecnología reclusa a los entornos de investigación, a ser algo conocido de forma general y aplicable en multitud de escenarios de la vida cotidiana. Actualmente la mayoría de las personas poseen dispositivos móviles que cuentan con cámara, sensores, gran capacidad de cálculo y potencia para renderizar gráficos antes sólo alcanzables por las plataformas de sobremesa. Dichos dispositivos han ido reemplazando los botones por pantallas multitáctil. Mezclando técnicas de interacción empleadas previamente en sistemas móviles de RA y dispositivos multitáctil, en este artículo diseñamos e implementamos una técnica para dispositivos móviles multitáctil que permite manipular objetos en un espacio tridimensional. Por medio de tres experimentos se estudia la influencia en el rendimiento del tamaño del espacio de trabajo y del dispositivo. Asimismo se compara la eficacia contra una versión homóloga sobre PC. Los resultados indican que los usuarios pueden utilizar la técnica correctamente, además el rendimiento es equiparable a la versión tradicional sobre PC.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information interfaces and presentation]: User Interfaces – Interaction styles, Input devices and strategies.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Móviles, multitáctil, realidad aumentada, 6DOF, interacción.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada es una técnica de visualización que permite superponer sobre la imagen real contenido virtual. A diferencia de la realidad virtual, donde se sustituye completamente la realidad por contenido virtual, en la realidad

aumentada se suplementa, creando una composición entre el mundo real y la información generada por una computadora [3]. Con el paso del tiempo se han ido concretando más los requisitos para que un sistema sea denominado de realidad aumentada añadiendo las condiciones de que sea un sistema interactivo en tiempo real y en el que los objetos virtuales estén totalmente alineados con los reales [2].

Una de las partes más críticas en un sistema de RA es el tracking, el módulo encargado de determinar la posición y orientación (pose) del observador para poder mostrar la información desde su punto de vista. Se puede conseguir utilizando diferentes tipos de sensores inerciales, magnéticos o acústicos; cada uno de ellos presenta ventajas e inconvenientes que han sido detalladamente estudiados [26]. Sin embargo la técnica más ampliamente utilizada es el tracking por visión, consistente en utilizar métodos de procesado de imagen para determinar la pose de la cámara relativa a los objetos del mundo real. ARToolKit [14] es una librería que permite determinar la pose de la cámara cuando apunta a marcadores artificiales consistentes en rectángulos con un marco negro bien definido. Otra posibilidad es utilizar los puntos de interés que se encuentran en imágenes para poder utilizar marcadores más naturales [23] o incluso ir capturando estos puntos de interés del entorno [16], esto permite utilizar imágenes a modo de marcador o incluso prescindir totalmente de marcadores.

La mayoría de interfaces tradicionales de escritorio utilizan el paradigma WIMP (ventanas, iconos, menús y punteros), sin embargo estas metáforas no se trasladan bien a los interfaces de RA [17]. Una solución es adaptar los métodos utilizados en entornos virtuales, como por ejemplo gestos con las manos [19], dedos [5] o con la mirada [8]. De la misma forma se pueden emplear dispositivos de entrada especialmente diseñados para interactuar en espacios tridimensionales permitiendo 6 grados de libertad (DOF), tres para la posición y tres para la orientación.

Debido al desarrollo del hardware para dispositivos móviles es posible el concepto *Mobile Augmented Reality* (MAR) [22]. En su versión más primitiva consistía en una mochila que contenía todo el hardware necesario, este hardware estaba conectado con un dispositivo móvil a través del cual el usuario interactuaba, la información aumentada se mostraba a través de unas gafas [6]. Otra opción utilizada era mandar el flujo de vídeo a un servidor externo en donde se hacía el procesado y la información extraída se mandaba de vuelta [20], esto permitía superar la escasa capacidad de cálculo de los dispositivos móviles. El primer sistema en ofrecer una solución totalmente embebida en un dispositivo móvil necesitaba un marcador poco natural,

funcionaba a pocos frames por segundo y con una resolución reducida [21].

Actualmente existen dispositivos móviles como pueden ser teléfonos celulares, reproductores MP3 o tablet-PCs que sirven de plataforma para aplicaciones *MAR* a escala global [27]. Dichos dispositivos tienen capacidad de cálculo suficiente como para ejecutar un tracker simultáneamente con otras tareas en tiempo real. Disponen de chips específicos para procesamiento de gráficos que permiten renderizar objetos virtuales complejos sobre el video de la cámara, captado desde el punto de vista que el usuario decida. Sin embargo hasta donde nosotros conocemos no existen estudios que indiquen la forma más adecuada de utilizar estos dispositivos para interactuar en espacios de realidad aumentada.

En este trabajo diseñamos y evaluamos una técnica de interacción con 6DOF para entornos de realidad aumentada sobre dispositivos móviles multitáctil. Mediante tres experimentos se determina el tamaño adecuado del espacio de trabajo, del dispositivo y se estudian las diferencias respecto a la manipulación tradicional en un PC. Creemos que servirá de guía para una nueva generación de aplicaciones sobre dispositivos móviles en las que se interactúe de una forma natural con objetos en un espacio tridimensional.

2. TRABAJO RELACIONADO

Existen diferentes estudios sobre interacción con varios grados de libertad, en esta sección recogemos los dispositivos específicos existentes para ello así como las técnicas propias de sistemas de realidad aumentada. Al ser una técnica para dispositivos multitáctil, también se analizan las técnicas que se usan para manipular objetos utilizando varios dedos.

GlobeFish y GlobeMouse [7] son dispositivos especializados para interactuar con 6DOF. Ambos utilizan una trackball para la rotación. En el primero la bola está sujeta y permite un movimiento elástico para manipular la translación. En el segundo la bola está montada sobre un ratón especial que permite 3DOF en la translación.

Shallow-depth es un concepto en el que la componente Z de la translación permanece constante [10]. Sobre una mesa multitáctil se prueban diferentes técnicas de interacción con 5DOF utilizando un dedo, dos y tres. Del mismo modo analizan la relativa importancia de separar translación y rotación en la interacción, un tema muy controvertido entre autores con estudios empíricos a favor [7] y en contra [30].

Otra forma de interactuar es utilizar un marcador como puntero. Por ejemplo, un marcador puesto en la punta de un listón [15], aunque presenta la dificultad de no poder describir orientaciones mayores de 60° debido a que el marcador queda demasiado ocluido. Una posible solución es utilizar un cubo en el que cada una de las 6 caras tiene un marcador [18], además en este trabajo se exploraron otro tipo de interacciones como la oclusión de un marcador con el dedo como sustitución a presionar un botón. Un estudio más detallado sobre utilizar cubos se puede encontrar en [13] donde 46 niños usaron con éxito un sistema de realidad aumentada con este tipo de marcadores. Cuando se trata de trazar caminos o seleccionar objetos con cubos, utilizar una interpolación puede mejorar la efectividad de los usuarios [9].

El AR Pad [20] es un dispositivo que integra una pantalla LCD, una cámara, un pad de juego y una spaceball. Para seleccionar un objeto se apuntará con una mirilla virtual al objeto deseado y se presionará un botón del pad. Una vez hecho esto, el objeto

mantiene su posición y orientación relativa al dispositivo constante. Esta técnica se usó primeramente en el sistema Transvision [25] y es la más empleada siempre que el punto de vista se manipule directamente por el usuario. El AR Pad cuenta adicionalmente con una bola que permite girar el objeto seleccionado aplicando la rotación de la bola al objeto. Con el control direccional del pad se puede mover el objeto, mientras que con los botones se puede soltar el objeto o escalarlo. Por lo tanto se trata de un dispositivo con 7DOF. En un estudio informal los usuarios comentaron que era intuitivo de manejar aunque demasiado pesado.

El primer trabajo en utilizar un teléfono móvil para manipular objetos en un espacio tridimensional [11] utilizaba la misma técnica consistente en agarrar objetos y soltarlos para transferir la diferencia de posición y orientación de la cámara al objeto. Además el teclado del teléfono servía para modificar la rotación del objeto, en sustitución a la bola del AR Pad.

No se han encontrado trabajos que evalúen y estudien técnicas de interacción con dispositivos móviles multitáctil. Creemos que es de especial importancia debido a que pueden utilizar la posición y orientación del dispositivo sumado a la interacción con uno o varios dedos. Al ser dispositivos que la mayoría de la gente posee actualmente, podría llevarse un nuevo nivel de interacción a gran número de personas.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este apartado se presenta el diseño de las técnicas de interacción, tanto para PC como para dispositivos móviles. La versión móvil está pensada para dispositivos que cuenten con cámara y pantalla multitáctil. Los requisitos de la versión PC son un teclado estándar y un ratón de al menos tres botones.

3.1 Técnica Móvil

Para la interacción en dispositivos móviles se ha utilizado el dispositivo como cursor. Al apuntar a un objeto, éste se puede agarrar y hacer que su posición y rotación relativa al dispositivo permanezca siempre constante (Figura 1). Un estudio previo reveló que el mejor resultado se consigue cuando el dispositivo transfiere al objeto sólo la translación o la rotación [11]. Sin embargo en pruebas preliminares descubrimos que este hecho confundía mucho a los usuarios, por lo que en nuestra técnica, el dispositivo transfiere ambas transformaciones. Además en dicho estudio, si que se aplicaban ambas transformaciones mientras el objeto estaba agarrado.

Existen varias formas a la hora de realizar la acción de agarrar o soltar el objeto. En la parte inferior de la pantalla se encuentran dos botones a ambos lados, esta decisión está motivada por pruebas anteriores con usuarios zurdos y diestros. Otra forma de realizar esta acción es tocar la pantalla. Como ayuda visual, se colorea de azul el objeto al que se está apuntado y que todavía no ha sido agarrado. Cuando es agarrado, los botones cambian de imagen y el color del objeto se torna verde.

Con estos controles es posible manipular un objeto en 6DOF, aun así se puede utilizar la pantalla multitáctil para permitir realizar transformaciones en menos tiempo y con menos agarres del objeto. Una vez el objeto está sujeto, se puede utilizar un dedo para realizar una rotación Arcball [28] en el espacio de vista (Figura 2.a).

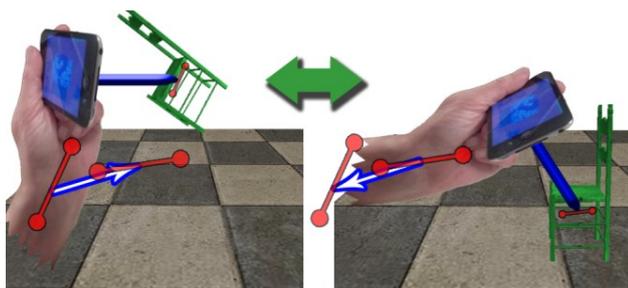


Figura 1. Cuando el objeto está agarrado se le transfiere tanto la orientación como la posición del dispositivo.

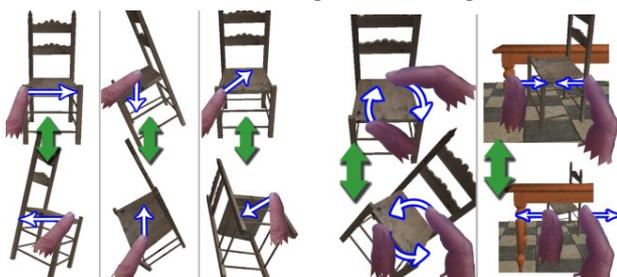


Figura 2. Con un dedo es posible realizar rotaciones tipo Arcball en el espacio de vista. La interacción con dos dedos permite dos tipos de transformación. El cambio en el ángulo que forman se aplica a la rotación en el eje de visión. La diferencia de la distancia mueve el objeto a lo largo del eje de visión.

Aunque no sea el espacio más efectivo sobre el que efectuar rotaciones Arcball, sí es el más intuitivo y varias aplicaciones de modelado 3D la utilizan por defecto [1][4]. A pesar de que la rotación Arcball permite rotar en cualquier eje, se amplió la técnica permitiendo la interacción con dos dedos. La diferencia entre el ángulo de los dedos se traslada a la rotación sobre el eje que define el rayo de vista. De forma similar la variación entre la distancia de ambos dedos modifica la distancia del objeto al dispositivo (Figura 2.b). Translaciones en otros ejes no son deseables ya que sacarían al objeto fuera de la vista de la cámara. Para prevenir la desconexión cognitiva no se puede mover un objeto debajo del suelo.

El dispositivo utiliza una imagen preestablecida para determinar su orientación y posición. Aunque sea bastante robusto, pueden producirse pérdidas de marcador cuando el patrón sale fuera del campo de visión de la cámara o el movimiento es demasiado rápido y por lo tanto, se emborrona el video capturado.

Cuando se apunta a un objeto o se agarra, aparece una línea que indica la distancia mínima entre el objeto y el suelo. En el punto de intersección entre la línea y el suelo se muestra un cuadrado plano con la misma orientación que el objeto. La finalidad es ayudar al usuario a hacerse una mejor idea de la posición real del objeto, aunque las sombras hubieran sido una buena alternativa no son tan efectivas ya que su proyección depende del origen de la luz.

3.2 Técnica PC

Para comparar el rendimiento de la técnica se ha implementado una versión homóloga en PC. El movimiento de la cámara se realiza con el teclado de forma similar a los videojuegos tipo First Person Shooter (FPS) [12][29], con las teclas de dirección se puede mover la cámara adelante, atrás, a izquierda o a derecha. Aunque

se han añadido algunas acciones nuevas requeridas por el tipo de aplicación, con la tecla Shift o Control derecho se puede mover la cámara arriba o abajo respectivamente. Además para tareas de precisión, cuando la tecla 0 está presionada, los movimientos de la cámara se realizan a un tercio de su velocidad normal. Para la orientación de la cámara se utiliza el ratón, aplicando el desplazamiento horizontal al yaw de la cámara y el vertical al pitch, el roll siempre permanece constante. Esta técnica también es empleada en los FPS y se denomina *free look camera*. Aunque en esta versión es necesario mantener el botón izquierdo pulsado para orientar la cámara, debido a que se utiliza el movimiento del ratón para otras transformaciones.

Una vez agarrado el objeto se puede realizar una rotación Arcball pulsando el botón derecho del ratón y procediendo de forma similar a la técnica móvil. De igual modo, para las transformaciones con dos dedos se presiona el botón central. Al no existir dos cursores, se utiliza el desplazamiento horizontal como remplazo al ángulo y el vertical como remplazo de la distancia. Una alternativa hubiera sido utilizar la rueda, pero se descartó en pruebas preliminares por no poder transformar de forma continua.

Aunque en la versión móvil es imposible desplazar el dispositivo debajo del marcador, en esta técnica el suelo es virtual y por lo tanto se ha limitado explícitamente el movimiento de la cámara para que no pueda desplazarse por debajo del nivel del suelo.

3.3 Implementación

Para la implementación se ha utilizado el lenguaje C++ con la librería OpenGL para los gráficos y GLSL para los shaders. En la versión PC se ha utilizado la librería GLFW para gestionar las ventanas, el contexto de renderizado, entrada del ratón y del teclado; GLEW para tener un acceso más cómodo a las funciones de OpenGL. Para la plataforma iOS se ha utilizado parte de código en ObjectiveC y la librería Vuforia [24] para el tracking de marcadores. La versión para iOS puede ejecutarse de forma similar en un dispositivo iPod3, representando un SmartPhone de gama media; y en un iPad2, dispositivo de mayor tamaño que representa una tableta. Utilizando abstracciones e interfaces la versión de iOS y PC comparte la mayoría del código.

4. ESTUDIO DE USUARIOS

4.1 Participantes

Doce participantes (10 hombres y dos mujeres) se eligieron al azar entre personas pertenecientes a varias disciplinas de ingeniería, todas han tenido algún tipo de contacto con software de diseño 3D o con videojuegos. Las edades van desde los 16 hasta los 33 ($M = 24.75$, $SD = 4.15$), todos menos uno eran diestros.

4.2 Procedimiento

Se asignaron 4 personas a cada uno de los 3 experimentos planeados. Cada uno de los experimentos constó de 2 opciones y trató de evaluar cuál era la mejor opción. Para contrabalancear, dos personas realizaron las opciones en un orden y las otras dos en el orden inverso. En cada una de las opciones se daba al usuario un periodo de prueba en el que se le permitía entrenar y se le explicaba el funcionamiento de la técnica, posteriormente pasaban a realizar la tarea de la mesa y luego la del docking.

Para las pruebas con realidad aumentada, los participantes se sentaron en una silla enfrente de una mesa sobre la que estaba el marcador. Se podía acceder también desde los laterales. No se les

dio indicaciones sobre si debían hacer la prueba sentados, de pie o sobre si podían moverse libremente.

Se recogieron datos sobre los resultados de las tareas, el orden de las opciones y un cuestionario cualitativo de 6 preguntas con escala Likert del 1 (totalmente en desacuerdo) al 7 (totalmente de acuerdo). p1 - ¿Te ha parecido fácil de usar?, p2 - ¿Te ha parecido difícil de controlar?, p3 - El objeto reaccionó como esperaba, p4 - Alcancé el objetivo rápidamente, p5 - Me he sentido preciso, p6 - Me he cansado. Además se les realizaron algunas preguntas libres sobre qué mejorarían de la interacción y posibles usos en aplicaciones.

4.3 Tareas

4.3.1 La mesa

La escena cuenta con una mesa fija situada en el centro y cuatro sillas (Fworx es el autor del modelo de la mesa y Medievalworlds de la silla, ambos de TurboSquid). La colocación de las sillas es similar entre pruebas, pero existe una configuración para el entrenamiento y otra para la prueba real. Cada configuración fue generada al azar tanto en posición como en espacio y se guardaron las coordenadas y rotaciones de dos casos que parecieron adecuados. El objetivo de la tarea es colocar las sillas alrededor de la mesa, una en cada lado y con el respaldo en la posición correcta. Se disponen de 5 minutos en total aunque se puede terminar antes la tarea si se desea, probablemente porque ya no se consigue mejorar la colocación de las sillas. Existe un indicador de la precisión con la que está colocada la silla actualmente agarrada (Figura 3).

El error de la posición se mide mediante la distancia entre el centro de los objetos. Para la orientación se probó con varias fórmulas, como diferencia entre ángulos de Euler o cuaterniones. Se determinó que la forma más descriptiva era aplicar las rotaciones a cada uno de los 3 vectores base y sumar las distancias entre cada uno de los 3 pares resultantes. Además se recogió el tiempo que se mantuvo agarrada cada silla, el número de pérdidas de marcador y el porcentaje de tiempo que estuvo perdido.

4.3.2 Docking

En la escena se presentan dos sillas, una de ellas es la silla destino, el usuario no puede manipularla. El objetivo es solapar completamente la silla manipulable sobre la silla destino, por lo tanto deben coincidir tanto en posición como en orientación (Figura 4). Se fija un umbral de 0,5 para la posición y 0,35 para la rotación, teniendo en cuenta que una silla tiene de ancho 2 unidades y que el error máximo de rotación es 5. Cuando el criterio de precisión se cumple, aparece una nueva silla objetivo con una situación y orientación distinta. La tarea es una sucesión de 5 sillas con dificultad incremental. En la primera, sólo se requiere translación; en la segunda translación y una rotación de 90 grados sobre un eje; en la tercera translación y rotación leve; y en las dos últimas además de tener rotaciones casi opuestas, aparecen en posiciones distantes. Se recoge el tiempo necesario para solapar cada una de las 5 sillas así como la información relativa a pérdidas de marcadores.



Figura 3. Tarea de la mesa en PC. En azul se muestra el objeto al que se está apuntando, si se pulsa cualquiera de los dos botones o se toca la pantalla, el objeto se agarrará. La diana, indica el ajuste de la silla; y la barra verde, el tiempo restante.



Figura 4. Tarea del Docking en su versión PC. Se puede observar el objeto agarrado en verde, la línea de tierra y el cuadrante.

4.4 Experimentos

4.4.1 Comparación con el PC

En este experimento se compara la eficacia de la técnica de interacción con un dispositivo móvil respecto a una adaptación para PC (Figura 5). El dispositivo móvil fue un iPod3 con pantalla de 3.5" y 100 gr. de peso. Cuatro personas han realizado la tarea de la mesa seguida de la del Docking tanto en PC como con el dispositivo móvil. La mitad de los participantes empezó con el PC y la otra con el dispositivo. Se dio un periodo de prueba tanto en la versión móvil como en la de PC, dado la diferencia entre ambas.



Figura 5. Usuarios realizando la tarea de la mesa en la versión PC y con un SmartPhone en marcador pequeño.

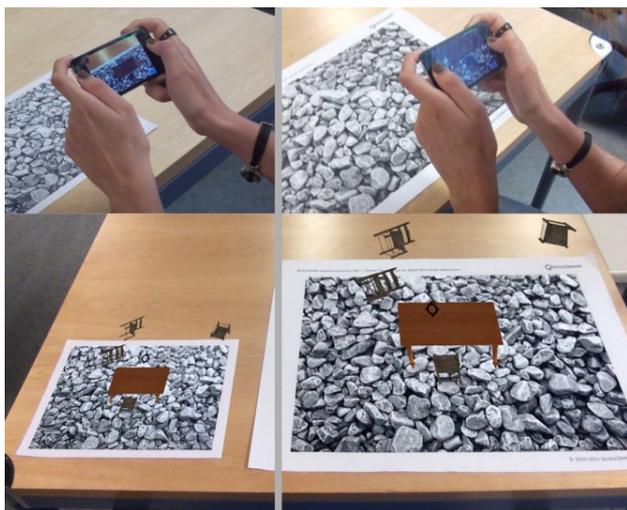


Figura 6. Experimento utilizando marcadores de diferentes tamaños. No sólo el marcador es mayor, sino también los objetos virtuales.

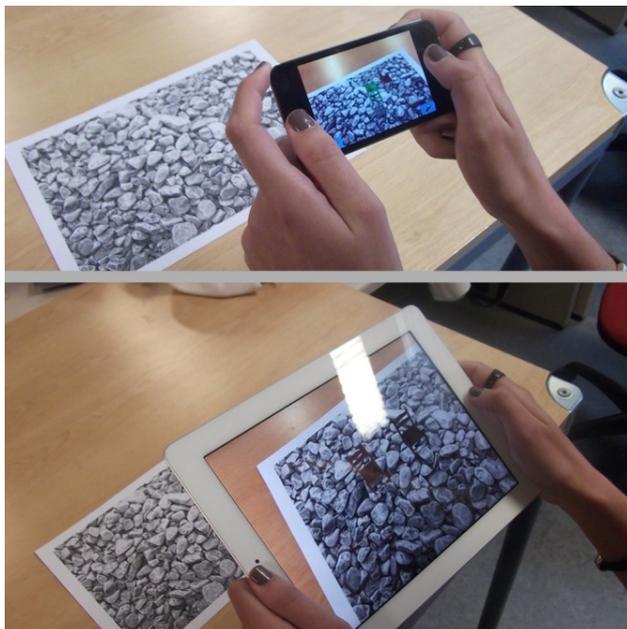


Figura 7. Realizando la tarea del Docking con el SmartPhone y la tableta.

4.4.2 Tamaño de marcador

En este experimento se quiere comprobar si escalando el tamaño de marcador y del espacio de trabajo físico se mejora la interacción del usuario (Figura 6). Cuatro personas han realizado la tarea de la mesa seguida de la del Docking tanto en un marcador tamaño A4, como en otro del doble de longitud (A2) y por lo tanto cuádruple superficie. La mitad de los participantes comenzaron con el A4 y la otra mitad con el A2. Antes de empezar las pruebas se dio a los usuarios un tiempo de entrenamiento con la tarea de la mesa para que se familiarizaran con el tipo de interacción.

4.4.2 Tamaño del dispositivo

Se desea averiguar si el tamaño del dispositivo influye en el rendimiento del usuario. Se procedió de forma análoga al experimento anterior pero utilizando un iPod3 (100 gr., 3.5”) y una tableta iPad2 (600 gr., 9.7”), el marcador fue tamaño A4 para ambos casos (Figura 7).

4. RESULTADOS

Cada participante estuvo entre 20 y 25 minutos realizando las tareas de los experimentos. Aunque el número de participantes sea similar al de otros estudios de usuarios, al repartir los usuarios entre 3 experimentos la cantidad de mediciones realizadas no permite realizar pruebas estadísticas como tests t-pareados ó ANOVA, por lo que se utilizará estadística descriptiva.

4.5 Tarea Mesa

La grafica de la figura 8.a recoge el tiempo medio que se utilizó para colocar cada una de las 4 sillas que se tenían que posicionar y orientar. Esta prueba se realizó en un tiempo máximo de 36 seg. para la versión de PC y un tiempo mínimo de 19 segundos para el dispositivo tamaño tableta.

En la figura 8.b se muestran los errores de posicionamiento medio de las sillas con unos valores de entre 0,7 y 1,2 (la silla tiene 2 unidades de ancho). Los errores de orientación en la figura 8.c tienen valores entre 0,15 y 0,4 (el máximo error posible es 5).

La figura 8.d muestra los porcentajes de tiempo de pérdida del marcador (para el PC es 0) y sus valores medios están comprendidos entre el 0,7% y el 6,2%.

4.6 Tarea Docking

En la tarea del Docking se tenían que encajar 5 sillas en el mismo orden con una dificultad progresiva. La mayoría de usuarios consiguieron encajar todas las sillas con tiempos promedio de entre 9 y 80 segundos. La primera silla (la más sencilla) fue encajada con tiempos medios entre 10 y 60 segundos, y la última (la más difícil) con tiempo medios entre 11 y 50 segundos (Figura 9). En el primer experimento, en el que se realizó la prueba con un PC y un Smartphone, en la tercera silla se observa un valor superior con el uso del Smartphone. Esto puede ser debido a que dicha silla tenía un nivel de dificultad superior a la anterior debido a la composición de translación y rotación compleja. Esto requirió que el usuario realizara varios intentos antes de conseguir el objetivo. Sin embargo en los otros dos experimentos el tiempo de la tercera silla no es tan superior, debido a que los usuarios tuvieron la oportunidad de probar la técnica móvil durante más tiempo, ya que se utiliza en las dos opciones del experimento.

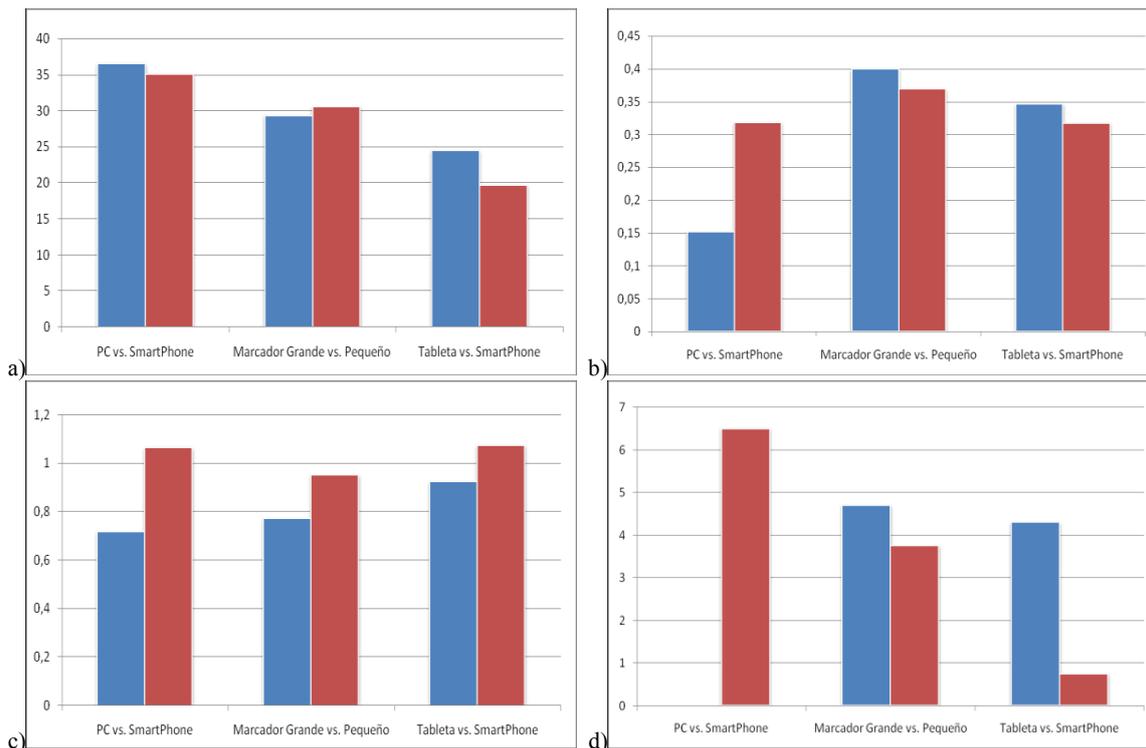


Figura 8. (a) Tiempo empleado para realizar la tarea Mesa. (b) Porcentaje de error de posición al realizar la tarea Mesa. (c) Porcentaje de error de orientación. (d) Porcentaje de tiempo de pérdida de marcador.

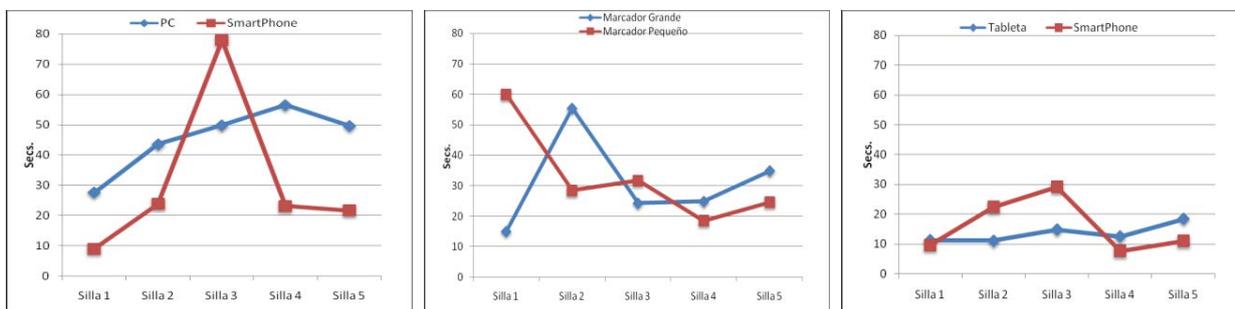


Figura 9. Tiempo promedio empleado para cada silla en la tarea del Docking

6. DISCUSIÓN

Realizar una misma tarea con la interacción propuesta en un dispositivo SmartPhone y en una versión PC ha sido muy útil para observar qué acciones pueden realizarse más fácilmente con un dispositivo u otro. Los resultados cuantitativos de los experimentos indican que la versión de PC fue superior en la tarea de la mesa, aunque obtuvo tiempo de ejecución superior, esto es lógico ya que los usuarios dedicaron más tiempo intentando ajustar las posiciones de las sillas en la prueba con PC. Por el contrario el Smartphone se comportó mejor y obtuvo tiempos de ejecución menores en la tarea del Docking.

El PC ofrece mejores resultados para tareas en las que se deben realizar interacciones complejas, esto puede ser debido a que los usuarios habían tenido contacto previo con interacciones similares en un PC pero era la primera vez que utilizaban un sistema de realidad aumentada. Asimismo la técnica de PC ha sido inspirada en varias aplicaciones [1][4][12][29] que son difícilmente

mejorables. Aunque la técnica empleada en el SmartPhone se ha sometido a varias pruebas de usuario y se ha seguido el diseño de aplicaciones similares, no ha tenido tanto tiempo para establecerse en los usuarios y afinarse. Sin embargo para tareas sencillas en las que sólo se requiere precisión, como en el Docking, el SmartPhone resulta más conveniente. De forma general los usuarios que realizaron las pruebas con PC y Smartphone prefirieron este último. En todos los cuestionarios se obtuvieron medidas similares: facilidad de uso (PC: 5 Smartphone 5,75), dificultad (PC: 3 Smartphone 2,5), comportamiento esperado (PC: 5,5 Smartphone 5,5), percepción de rapidez (PC: 4,5 Smartphone 5,5), precisión (PC: 5 Smartphone 4,5) y cansancio (PC: 2,25 Smartphone 2).

El mecanismo de interacción en dispositivos móviles con realidad aumentada puede generar pérdidas de marcadores cuando el usuario apunta con el dispositivo fuera del marcador o se mueve rápidamente. En ninguna de las condiciones: marcadores grandes y pequeños, y dispositivos grandes y pequeños, y en ninguna de

las tareas realizadas estas pérdidas fueron importantes ni resultaron molestas para los usuarios según comentaron en la entrevista final.

La mitad de los usuarios decidieron realizar las pruebas sentados, levantándose ocasionalmente para cambiar el punto de vista, por ejemplo para colocar la silla que debía situarse detrás de la mesa. Un usuario manipuló el marcador para cambiar el punto de vista sin necesidad de levantarse de la silla. Esta es una de las grandes ventajas de los sistemas de realidad aumentada con dispositivos móviles. Sin embargo las tareas realizadas no estaban diseñadas para sacar ventaja a este mecanismo por lo que no tuvieron mejores rendimientos. En un trabajo próximo diseñaremos tareas que requieran que el usuario tenga que descubrir o navegar por el espacio.

Cuando los usuarios agarraban el dispositivo siempre lo hacían en orientación horizontal, bien sea utilizando una mano para sujetarlo o las dos. En el primer caso se interactuaba con los dedos pulgar e índice de la mano libre, normalmente la hábil, aunque hubo dos casos contrarios. Al sujetar el dispositivo con las dos manos la interacción se realizaba con los pulgares o índices (Figura 10). Creemos que es posible sujetar el dispositivo en vertical y realizar la interacción únicamente con una mano, es una futura línea a explorar ya que con la mano no utilizada se podría manipular el marcador o incluso utilizar otro adicional. Los usuarios comentaron que la línea de tierra fue una ayuda visual útil, por lo que se deben explorar más los gizmos visuales.

Otro comportamiento inesperado fue que algunos usuarios intentaron inicialmente mover los objetos con un gesto de tocar y arrastrar sobre la pantalla multitáctil del Smartphone. Creemos que este comportamiento es debido a que para muchos usuarios ya es una mecánica asumida, el mover un objeto con un gesto tocar y desplazar. En un trabajo futuro pensamos incorporar este comportamiento para mejorar la técnica de interacción propuesta.

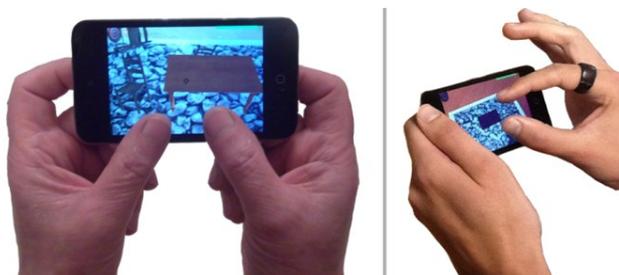


Figura 10. Formas observadas de sujetar el dispositivo en los usuarios.

6.1 Efecto del Tamaño del Marcador

Se observó que un marcador grande ofrece mejores resultados, con un porcentaje de errores de posición menor, pero para ser equivalente debería de ser el doble de efectivo, ya que aunque la silla sea el doble de grande, lógicamente su tamaño en unidades virtuales es la misma. Esto no sucede así con la orientación, puesto que es independiente de la escala, aquí el marcador pequeño es superior aunque no existe una diferencia significativa.

Para la tarea del Docking, en la primera silla (la más sencilla ya que sólo requiere una translación) el marcador grande es claramente superior, sin embargo es de especial importancia notar que en las dos últimas sillas (las más difíciles) el marcador pequeño es ligeramente mejor. Para esta prueba no se esperaba grandes diferencias entre ambas condiciones, ya que la realización

de la prueba no requería mover el dispositivo y por lo tanto el tamaño del marcador no importaba.

En cuanto a la pérdida de marcadores, con el pequeño es de una media de 16 mientras que en el grande de 10, pero cabe destacar que el porcentaje de tiempo perdido es superior en el marcador grande (4,7% frente a 3,45%). Esto puede ser debido a que para recuperar un marcador perdido es necesario visualizar la mayor parte de éste, por lo tanto es una tarea más complicada en el marcador grande ya que el usuario ha de alejarse más del espacio de trabajo.

El marcador pequeño se podía mover con más facilidad que el grande, y como se ha comentado un usuario lo movió para poder cambiar su punto de vista, no realizó dicha acción con el marcador grande. Esta es otra de las ventajas de un marcador pequeño.

Dos usuarios comentaron que preferían el marcador pequeño, un usuario el grande y otro que no apreciaba diferencia alguna. El resultado de los cuestionarios cualitativos tenía medidas casi similares para los dos tipos de marcador.

En general no se han encontrado diferencias significativas entre usar un marcador pequeño o grande, y parece lógico recomendar que se utilice un marcador pequeño (al menos con tamaño A4) dado que está más disponible y es más manejable.

6.2 Efecto del Tamaño del Dispositivo

El dispositivo más grande, tamaño tableta, resultó ligeramente superior en todas las pruebas. Estos resultados se podían esperar ya que una pantalla más grande puede aportar más precisión, tanto en la visualización como en la interacción, sin embargo su mayor peso y menor maniobrabilidad son un hándicap.

En la tarea del Docking con la tableta se tardó menos tiempo en las tres primeras sillas, en las dos últimas y más complicadas el Smartphone obtuvo tiempos ligeramente menores, aunque en promedio ningún dispositivo es superior al otro.

Sin embargo la mitad de los usuarios manifestaron que preferían usar el dispositivo pequeño, un usuario la tableta y otro que le era indiferente. Estas opiniones se deben a que todos se cansaron más utilizando la tableta como comentaron en el cuestionario (5,75 frente a 1,75). Para el resto de ítems del cuestionario, el resultado fue similar.

Las pérdidas de marcadores fueron menores con el dispositivo grande debido a que los usuarios podían mantenerse a mayor distancia del marcador visualizando el mismo espacio de realidad aumentada. Cuando se produce una pérdida de marcador, la recuperación se produce más rápidamente cuando se observa el marcador en su totalidad.

5. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que es posible utilizar la técnica diseñada en un dispositivo móvil para manipular objetos en un espacio tridimensional con 6 grados de libertad. El rendimiento no se ve afectado significativamente por el tamaño del espacio de trabajo o del dispositivo. Aunque la versión PC haya resultado ligeramente superior en tareas complejas en las que se manipulan varios objetos, para tareas sencillas de precisión, la técnica móvil es más conveniente.

Creemos que este trabajo es el primero en estudiar la interacción en espacios de realidad aumentada con dispositivos móviles multitáctil. La técnica actual puede utilizarse como base para aplicaciones que deseen manipular objetos en espacios

tridimensionales empleando dispositivos con dichas características.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Gobierno de Navarra a través de una beca de investigación.

7. REFERENCIAS

- [1] Autodesk. 3DStudio. <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>
- [2] Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. 2001. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 21, 6 (November 2001), 34-47.
- [3] Azuma, R. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence*. 6, 4 (August 1997), 355-385.
- [4] Blender. <http://www.blender.org/>
- [5] Dorfmüller-Ulhaas, K., Schmalstieg, D. 2001. Finger tracking for interaction in augmented environments. In *ISAR '01*, 55-64.
- [6] Feiner S., MacIntyre, B., Höllerer, T., Webster, A. 1997. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. *Proc. 1st Int. Symp. Wearable Computers (ISWC '97)*, 74-81.
- [7] Froehlich, B., Hochstrate, J., Skuk, V., Huckauf, A. 2006. The GlobeFish and the GlobeMouse: two new six degree of freedom input devices for graphics applications. *Proc. of the SIGCHI (Montréal, Québec, Canada, April 22-27)*.
- [8] Grasset, R., Looser, J., Billinghurst, M. 2005. A Step Towards a Multimodal AR Interface: A New Móviles Device for 3D Interaction. *Proc. of the 4th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (October 05-08)*, 206-207.
- [9] Haa, T., Billinghurst, M., Wooa, W. 2011. An interactive 3D movement path manipulation method in an augmented reality environment. *Interacting with Computers*. 24, 1, 10-24.
- [10] Hancock, M., Carpendale, S., Cockburn, A. 2007. Shallow-depth 3d interaction: design and evaluation of one-, two- and three-touch techniques. *SIGCHI (San Jose, California, USA April 28-May 03)*
- [11] Henrysson, A., Billinghurst, A., Ollila, M. 2005. Virtual object manipulation using a mobile phone. *Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence (Christchurch, New Zealand December 05-08)*
- [12] IdSoftware. Quake. <http://www.idsoftware.com/games/quake/quake>
- [13] Juan, M.C., Canu, R., Cano, J., Gimenez, M. 2008. Augmented Reality Interactive Storytelling systems using tangible cubes for edutainment. *ICALT'08*, 233-235.
- [14] Kato, H., Billinghurst, M. 1999. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System. *Proc. of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (October 20-21)*, 85
- [15] Kato, H., Billinghurst, M., Poupyrev, I., Imamoto, K., Tachibana, K. 2000. Virtual object manipulation on a tabletop AR environment. *ISAR 2000*.
- [16] Klein, G., Murray, D. 2007. Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces. *Proc. of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (November 13-16)*, 1-10.
- [17] Van Krevelen, D.W.F., Poelman, R. 2010. Fast 3D: A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *Int. Journal of Virtual Reality*. 9, 2, 1-20.
- [18] Lee, G.A., Nelles, C., Billinghurst, M., Kim, G.J. 2004. Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications. *Proc. of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (November 02-05)*, 172-181
- [19] Lee, T., Höllerer, T. 2007. Handy AR: Markerless inspection of augmented reality objects using fingertip tracking. *International Symposium on Wearable Computers (October 2007)*.
- [20] Mogilev, D., Kiyokawa, K., Billinghurst, M., Pair, J. 2002. AR Pad: an interface for face-to-face AR collaboration. *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems (Minneapolis, Minnesota, USA April 2002)*, 20-25.
- [21] Mohring, M., Lessig, C., Bimber, O. 2004. Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones. *Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (November 02-05)*, 252-253
- [22] Papagiannakis, G., Singh, G., Magnenat-Thalmann, N. 2008. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 19, 3-22.
- [23] Park, J., You, S., Neumann, U. 1998. Natural feature tracking for extendible robust augmented realities. *Proc. Int. Workshop on Augmented Reality*.
- [24] Qualcomm. Vuforia SDK. <https://developer.qualcomm.com/develop/mobile-technologies/augmented-reality>
- [25] Rekimoto, J. 1996. Transvision: A Hand-Held Augmented Reality System for Collaborative Design. *Proc. Virtual Systems and Multimedia (Gifu, Japan)* 85-90.
- [26] Rolland, J.P., Davis, L.D., Baillot, Y. 2001. A Survey of Tracking Technologies for Virtual Environments. *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*. Lawrence Erlbaum. 67-112.
- [27] Schmalstieg, D., Langlotz, T., Billinghurst, M. 2010. Augmented reality 2.0. *Virtual realities*. Springer. 13-37.
- [28] Shoemake, K. 1992. ARCBALL: a user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse. *Proceedings of the conference on Graphics interface (Vancouver, British Columbia, Canada September)*, 151-156.
- [29] Valve. Half-Life. <http://www.valvesoftware.com/games/backcatalog.html>
- [30] Wang, Y., MacKenzie, C.L., Summers, V.A., Booth, K.S. 1998. The structure of object transportation and orientation in human-computer interaction. *Proceedings of the SIGCHI (Los Angeles, California, USA April 18-23)*, 312-319.

Técnicas de interacción natural usando Kinect

Jaime Chapinal Cervantes
Universidad de Granada
jaime.chapinal@gmail.com

Francisco Luis Gutiérrez Vela
Universidad de Granada
fgutierr@ugr.es

Patricia Paderewski Rodríguez
Universidad de Granada
patricia@ugr.es

ABSTRACT

El trabajo aquí presentado se centra en el estudio de las técnicas de interacción en 3 dimensiones (3D) y su implementación con el dispositivo Kinect. Se analiza dicho dispositivo y su funcionamiento con el fin de conocer tanto sus características como sus limitaciones. El objetivo central es estudiar cómo se podrían adaptar las técnicas de interacción 3D clásicas a Kinect. Para ello, se ha realizado un estudio de los distintos modos de interacción que se están utilizando en la actualidad con este dispositivo y del uso que de ellos realizan los juegos comerciales. Finalizamos presentando un caso práctico que consiste en usar Kinect para implementar un sistema de rehabilitación cognitiva.

Categories and Subject Descriptors

H5 m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

General Terms

Human Factors, Experimentation, Measurement, Design

Keywords

Interacción natural, realidad virtual, Kinect, rehabilitación cognitiva.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se presenta un análisis de la situación actual de la interacción natural utilizando el dispositivo Kinect. Se centra en el paradigma de las técnicas de interacción clásicas en Realidad Virtual (RV) y la propuesta de cómo afrontar el diseño de dichas aplicaciones con Kinect.

Otros trabajos al respecto como [1] [2] analizan la realidad aumentada y la realidad virtual. Nosotros nos vamos a centrar en el último.

Este estudio nace dentro del proyecto que estamos llevando a cabo: la realización de un sistema de rehabilitación cognitiva utilizando interacción natural con Kinect. En concreto, nuestro trabajo se centra en el caso del Alzheimer, debido a la dificultad que tienen estas personas en trabajar con otros métodos de rehabilitación que utilizan para interaccionar dispositivos de entrada tradicionales, como el teclado y el ratón.

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

A lo largo del trabajo, se comenta el principal problema que plantea el uso del rastreo con Kinect: su incapacidad de detectar los dedos de la mano. El dispositivo detecta un “punto” o “joint” como la mano y otro como la muñeca, pero nada más. Esta detección no es a nivel de hardware, sino que es a nivel de software. Existen varias referencias [3] [4] al respecto relacionadas con investigaciones donde se está trabajando para conseguir esta detección de las falanges, aunque todavía queda bastante camino por recorrer. Todas estas investigaciones usan librerías gráficas como OpenCV con los drivers open source de Kinect. Por su parte, el sistema de desarrollo proporcionado por Microsoft no ha dado soporte a esta funcionalidad. En este trabajo nos hemos centrado en la versión oficial.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente forma: En el punto segundo se presenta una introducción del dispositivo Kinect, incluyendo sus principales características y limitaciones; en el tercero se analizan las técnicas de interacción clásicas de la RV y se proponen alternativas de funcionamiento para Kinect. En el punto siguiente se analizan las técnicas de interacción que se han usado en los juegos comerciales; continuamos con la presentación del proyecto que usa Kinect como técnica de rehabilitación cognitiva y cómo las teorías planteadas son suficientes para el problema propuesto. Finalizamos presentando las principales conclusiones y trabajos futuros.

2. KINECT

Kinect es un dispositivo para el control del juego desarrollado para la videoconsola Xbox 360 de Microsoft. El dispositivo fue desarrollado por la empresa israelí Prime Sense la cual estaba especializada en visión artificial por ordenador, aunque también participó un equipo del grupo de investigación de Microsoft. En un principio, el proyecto se denominó *Project Natal* y fue desarrollándose hasta que finalmente vio la luz en el año 2010 con el nombre de Kinect.

Las características técnicas del dispositivo se recogen en la tabla 1:

Tabla 1. Características de Kinect

Vídeo:	Cámara RGB – 640x480 píxeles Cámara infrarroja (Emisor y receptor) 30 fps
Audio:	4 micrófonos
Procesador:	PS1080-A2
Memoria:	DDR2 SDRAM

El hardware del dispositivo se compone de módulos de vídeo, audio, control y procesamiento. Dispone también de un motor para orientar el ángulo de visión de la cámara. En la figura 1 se muestra una imagen de todos los componentes del dispositivo [5].

Aunque no disponga de una alta resolución, la principal fortaleza de Kinect como sensor 3D es que es capaz de trabajar en tiempo real a 30 frames por segundo para la detección de imágenes en 3D. La cámara RGB es la encargada de capturar las imágenes y su información de color; mientras que la finalidad de las cámaras infrarrojas es detectar la profundidad de los objetos. Para ello, se proyectan una nube de puntos de la que podemos determinar la distancia a cada uno de ellos. El sistema de funcionamiento del sistema de captura en 3D funciona mediante triangulación ya que ofreció mejores resultados que el sistema de tiempo de vuelo. En términos de distancia, si está situado a 2 metros, tiene una resolución espacial de 3 mm. y una resolución de profundidad de 1 cm. Una vez que se tiene capturado por ambas partes el vector de distancias y la imagen, se pueden mapear para obtener la información 3D.



Figura 1. Hardware de Kinect

En cuanto al audio, Kinect es capaz de realizar funciones de reconocimiento de voz y de localización de la procedencia de los sonidos gracias a su conjunto de micrófonos.

En un principio, Kinect fue creado sólo para el entretenimiento digital a través de la videoconsola Xbox 360. Sin embargo, se desarrollaron drivers open source y el crecimiento en materias de investigación con dicho dispositivo empezó a incrementarse de forma exponencial. Surgieron frameworks como OpenKinect/libfreenect [6], OpenNI [7] O NITE [8]; además de dispositivos clónicos como el Asus WAVI Xtion [9]. Finalmente, Microsoft decidió lanzar su propio driver oficial y SDK para los desarrolladores. Además de ello, el 1 de Febrero del año 2012 salió a la venta el nuevo dispositivo *Kinect for Windows* [10], desarrollado exclusivamente para PC y con un enfoque orientado a aplicaciones además de los videojuegos.

Las principales limitaciones que posee el dispositivo son que no se obtiene información de la orientación de la cabeza ni de las manos; y que tampoco se obtiene el posicionamiento de los dedos de la mano [3] [4]. Estas limitaciones están presentes en el SDK oficial de Microsoft, que es con el cual se hará el análisis en este artículo. Los frameworks open source tratan de solventar dichas limitaciones mediante funcionalidades escritas con librerías gráficas, aunque no se han llegado en la actualidad a grandes resultados beneficiosos aparte de los ejemplos experimentales [11].

3. INTERACCIÓN 3D CON KINECT

Aparte de los trabajos de identificación de usuario con Kinect [12], también se está trabajando en el campo de la interacción. Las técnicas de interacción clásicas [13] en cualquier sistema de realidad virtual en 3D son la navegación, la selección, la manipulación y el control del sistema. En esta sección se va a analizar cómo se pueden adaptar cada una de ellas (con sus subcategorías) al dispositivo Kinect.

- *Navegación* – Es el desplazamiento de un lugar del mundo virtual a otro. Las cuatro técnicas más comunes de navegación 3D son:

- *Gaze-Directed Steering* – En la técnica original, el usuario se mueve a través del mundo virtual en la dirección a la que apunta su cabeza. Normalmente se utilizan o bien cascos de realidad virtual donde se muestran las imágenes, o bien sensores visuales o auditivos junto a unas gafas para detectar la posición de la cabeza y una proyección en una pantalla. Sin embargo con Kinect, no es necesario tener ni el casco de realidad virtual ni las gafas, por lo cual la interacción de esta técnica se realiza de un modo distinto. En primer lugar, hay que tener en cuenta que se dispone de una pantalla y de Kinect en el mismo plano, así que todos los movimientos han de estar orientados hacia ellos. Kinect tiene el inconveniente de que no es capaz de detectar el movimiento del cuello, ya que sólo es capaz de capturar determinadas articulaciones y puntos, como la cabeza. Si se realizase un movimiento exclusivamente del cuello, sólo se detectaría la posición de la cabeza la cual no ha variado. Para salvar este inconveniente, se ha de usar el cuerpo entero: cuando se quiera girar hacia un lado u hacia otro, se tiene que mover la cintura. Al realizar este movimiento, se están desplazando también la posición de los brazos y los hombros. De esta manera, se es capaz de reconocer si se ha realizado un giro hacia la izquierda o hacia la derecha, dependiendo de qué brazo esté más cerca de la pantalla. Por ejemplo, si se quiere realizar un movimiento de giro hacia la izquierda, se haría girando la cintura hacia dicho lado, quedando el brazo derecho delante del cuerpo y el brazo izquierdo por detrás. Como se puede apreciar, no es necesario mover el cuello y así se puede tener siempre presente y no perder de vista la referencia hacia la pantalla donde está siendo visualizado el entorno virtual.

Por otro lado, tenemos también el movimiento de avance y retroceso. En la técnica que nos ocupa, este proceso ha resultado siempre un problema porque la única interactividad que el usuario podía hacer era elegir el sentido de avance en función de hacia dónde mirase. Es decir, se genera un movimiento continuo y el usuario no puede pararse y observar. Sin embargo, con Kinect este hecho se puede salvar también. Para ello, la técnica a realizar es simular el ir andando desde la misma posición. Es decir, subir las rodillas alternativamente. Se podría controlar también la velocidad del desplazamiento en función de cómo de rápido se haga el movimiento de piernas, para simular el hecho de ir corriendo. Incluso, se podría implementar el ir marcha atrás, en función de qué pierna inicie el movimiento. Por ejemplo, si se levanta primero la rodilla derecha el movimiento sería hacia adelante; y si se subiese primero la rodilla izquierda el movimiento sería hacia atrás. El único inconveniente que tendría esto sería que el usuario requeriría de un proceso de aprendizaje y memorización sobre el gesto.

Por tanto, se consigue adaptar y mejorar muchísimo la técnica de gaze-directed steering, ofreciendo una sensación de inmersión elevada. Además con Kinect es posible detectar la posición de la cabeza, por lo cual se podría simular en ciertas ocasiones perspectivas en función de dicha localización: por ejemplo asomarse desde arriba de un objeto, o agacharse para verlo desde abajo.

○ *Pointing* – Es una técnica en la que la dirección del movimiento se indica con la mano, en concreto con los dedos. Al igual que con *Gaze-Directed Steering*, es un movimiento continuo en el que simplemente se va indicando en qué dirección se va avanzando. El inconveniente que tiene su uso con Kinect es que este dispositivo no es capaz de detectar los dedos, sino que únicamente capta las manos. Por tanto, no es posible señalar con los dedos. Aunque existen varios proyectos de investigación orientados a mejorar esto, actualmente no es una opción viable. Por tanto, el método que se propone aquí tiene la modificación de que en vez de señalar el movimiento únicamente con los dedos, se haga con los brazos. Con un brazo extendido se va señalando hacia donde se quiere avanzar. También se podría hacer con ambos brazos juntos para determinadas aplicaciones, aunque resultaría menos cómodo al usuario. Se salva también el problema que se tenía con el anterior método (*Gaze-Directed Steering*), y es que se puede parar a visualizar el entorno. Para ello, el funcionamiento sería el mismo, es decir, simular la acción de andar alternando la subida de rodillas.

○ *Map-based Travel*: Esta es una técnica en que se representa el mundo virtual a través de un mapa en 2D; donde el usuario es un icono y cada vez que se quiera trasladar a algún sitio valdría con arrastrar la posición de dicho icono a la nueva localización. Esta técnica podría ser implementada directamente con Kinect, teniendo en cuenta que el diseño del mapa ha de estar adaptado a las necesidades, por ejemplo, unas dimensiones aptas para que se puede seleccionar fácilmente el icono del usuario. Más adelante en este artículo se analizarán técnicas de selección. Sin embargo, para esta técnica en concreto, se propone también otra mejora aprovechando las características de Kinect: el reconocimiento de voz. En vez de tener que seleccionar el icono del usuario y arrastrarlo a la nueva posición, se podría usar el reconocimiento de voz para indicar a qué lugar del mapa se quiere mover. Por ejemplo, en el caso que el mundo virtual reproduzca una casa, se mostraría el mapa en 2D de ésta. Diciendo la habitación a la cual se desee ir, bastaría para que se produjese dicho movimiento. Siguiendo el ejemplo de la casa, diciendo “cocina” o “habitación” el sistema desplazaría la posición del usuario. Esta técnica será aplicada en nuestro proyecto de rehabilitación cognitiva para el Alzheimer con el objetivo de trabajar el problema de orientación que tienen estas personas.

○ *Grabbing the air* - Es una técnica en la que se simula una cuerda para ir avanzando a través del mundo. Con Kinect, sería fácil su implementación y podría tener varios grados de libertad debido a la captura del cuerpo total. Por ejemplo, coger cuerdas a distintos niveles, por encima de la cabeza, mitad del tronco o agachado.

● *Selección* – Es el proceso de elegir un elemento o conjunto de elementos en un entorno en 3D. Está muy relacionada con la manipulación. En la interacción “clásica”, normalmente se hace

con el evento de click de botón. Sin embargo aquí se muestran distintas formas para implementarlo con Kinect.

○ *Virtual Hand* – Es una técnica usada en el que se seleccionan los elementos cuando son tocados directamente por la mano virtual. Su uso con Kinect es muy apropiado junto a los avatares del usuario, ya que logra una gran inmersión. Por ejemplo, un usuario que va avanzando a lo largo del mapa y que para coger determinado elemento tiene que acercarse hasta él y tocarlo. También es viable la opción de coger determinados objetos con las dos manos, en el supuesto, por ejemplo que fuese un objeto que pesase mucho, como una roca. Además, gracias al rastreo del cuerpo entero, no se tendría que restringir únicamente a la selección de elementos con las manos, sino que se podría utilizar cualquier parte del cuerpo, como los pies. Un ejemplo de aplicación sería implementar botones que tengan que ser pisados para seleccionarlos. De este modo, sería posible implementar selecciones múltiples y con combinaciones, por ejemplo accionando determinados botones del suelo con los pies y otros del aire con los brazos. En nuestra aplicación, utilizamos esta técnica pero con la siguiente variación: no hay avatar del cuerpo entero, únicamente de la mano. En su defecto, sí se muestra por pantalla la figura del usuario por completo. La razón para esta variación es facilitar a los usuarios de la aplicación, que recordemos serán pacientes con problemas cognitivos, su utilización y que no se sientan perdidos, ya que se están viendo a ellos mismos y no a otro avatar virtual. En la figura 2 se muestra una imagen del prototipo de nuestra aplicación haciendo uso de *Virtual Hand*.



Figura 2. Uso de Virtual Hand en prototipo

○ *Ray-casting* – Técnica en la cual se utiliza la metáfora en la que un rayo es expedido desde la mano del usuario. El elemento que antes quedase interceptado por dicho rayo, sería el seleccionado. También sería una técnica utilizada con un avatar, y permitiría seleccionar elementos más distantes en el mapa. El rayo emanaría directamente de la prolongación del dedo índice de la mano tomándola como si estuviese completamente abierta; se hace así para salvar el hecho de que no se detecta los dedos. En mundos virtuales con bastantes elementos, lo ideal sería realizar gestos con la otra mano que no se esté lanzando el rayo. Esto

permitiría que hasta que no fuese ejecutado dicho gesto, el objeto no sería seleccionado. La variedad de gestos es amplia, pero se proponen como ejemplo una “recreación” del gesto de “click”: el cual consistiría en, desde una posición de la mano elevada y formando un ángulo de 90 grados con respecto al codo, lanzar dicha mano hacia adelante hasta que quede el brazo totalmente flexionado. Los gestos no pueden ser sólo de pequeños movimientos de dedos o muñeca, porque Kinect no los detectaría ya que detecta sólo articulaciones.

○ *Técnicas de oclusión* - Esta técnica se basa en seleccionar los objetos cuando son totalmente cubiertos por la mano virtual desde el punto de vista del usuario. La perspectiva aquí se toma desde los ojos del usuario, no siendo necesario la utilización de un avatar. Por tanto, siguiendo una metáfora similar a la de la técnica anterior, sería como si un rayo saliese de los ojos del usuario y siguiese a través del centro de la mano virtual. Es una técnica que no es especialmente compatible con Kinect, ya que está pensada para entornos virtuales donde se tenga por ejemplo un casco y guantes con sensores. De esta manera si es una técnica eficaz, porque físicamente se puede llevar a cabo la recreación. Sin embargo con Kinect esto no es sencillo porque su modo de funcionamiento sería la inmersión del cuerpo total, pero con proyecciones en una pantalla y no en un casco virtual. De cualquier modo, siguiendo este modelo, podría funcionar de la misma manera (con el rayo saliendo desde el ojo hasta la mano y prosiguiendo), aunque no sería un método del todo eficiente, ni tampoco muy usable porque limitaría la movilidad del usuario en función de dicho rayo y podría llegar a frustrarle.

○ *Arm-Extension* – Esta técnica está fundamentada en la vista anteriormente de mano virtual, pero con la salvedad de que se desplaza la posición de la mano con respecto al avatar. Es decir, no sería necesario tampoco dicho avatar, porque únicamente se tendría una mano la cual se va moviendo a lo largo del mapa en función de un factor de multiplicación con respecto a la posición original del jugador. Dicho factor varía en función de las dimensiones de la pantalla. De esta manera, se puede acceder a posiciones lejanas sin realizar un gran esfuerzo de movimiento físico; consiguiendo, por tanto, un mayor alcance por parte del usuario.

• *Manipulación* – Está muy relacionada con la técnica de selección; y se refiere a las operaciones que se hacen una vez que el objeto ha sido seleccionado.

○ *Homer* – (Hand-Centered Object Manipulation Extending Ray-Casting) Se utiliza junto a la técnica de selección ray-casting y se basa en mover el objeto desde su posición original a la mano del avatar del usuario. Con Kinect es una técnica fácil de implementar y puede ser utilizada con frecuencia.

○ *Scaled-World Grab* – Se suele utilizar con la técnica de oclusión, haciendo que el usuario sea de un tamaño mayor que el mundo virtual para poder interactuar con los objetos usando sus manos. El problema de esta técnica con Kinect es que no se tiene rastreado con los dedos, por lo cual ésta no es una técnica efectiva ya que la manipulación con los dedos no se podría hacer. Lo único que se podría hacer es a nivel de mano, es decir, por ejemplo traslación de objetos.

○ *World-in-Miniature (WIM)* – Se representa el mundo virtual entero desde una perspectiva alzada para que quepa en su totalidad y el usuario pueda interactuar con todas las partes. Es bastante parecido a la técnica anterior de *Scaled-World Grab*, con la diferencia que aquí se ve todo el mapa. Por tanto, con Kinect, tendríamos el mismo problema con los dedos. Sin embargo, aquí se podría implementar también el movimiento de la vista del mapa con los brazos.

○ *Control del sistema* – Integra los métodos para que el usuario pueda introducir comandos con el objetivo de cambiar el estado del sistema, por ejemplo menús, órdenes de voz o gestos.

Los menús gráficos pueden orientar su diseño hacia el uso de los dedos de la mano para seleccionar, utilizando cada uno de ellos para una acción. El problema con Kinect es que, como ya se ha comentado anteriormente, el dispositivo no es capaz de momento de captar estos movimientos. Por tanto, esta técnica queda descartada. Existen también menús en 2D que se “sobrepresionan” en el entorno 3D. Esta técnica es aplicable, junto a los métodos de selección anteriormente comentados.

Las órdenes de voz constituyen una técnica que se adapta muy bien al uso de Kinect, debido a sus 4 micrófonos y a que Microsoft apuesta firmemente por esta opción. Ya desde hace muchos años [14], Microsoft viene trabajando en la implementación de técnicas de reconocimiento de voz. Lo mismo sucede con su plataforma Xbox 360, donde en la nueva actualización dan soporte al reconocimiento de voz con Kinect para ejecutar determinadas funcionalidades. El diseño que hay que tener en cuenta con estas técnicas es saber seleccionar el lenguaje y el vocabulario que se utilizará, para evitar confusiones entre distintas órdenes. No es una técnica que esté del todo perfeccionada, y puede dar lugar a confusiones y a la frustración del usuario en determinadas situaciones. En nuestra aplicación de rehabilitación cognitiva, hemos utilizado esta técnica de reconocimiento de voz para tratar el problema de la afasia.

En la tabla 2 se exponen, a modo de resumen, todas las técnicas analizadas, así como si es aplicable a Kinect y su modo de aplicación.

Tabla 2. Técnicas de interacción 3D con Kinect

Tipo	Técnica	Aplicable
Navegación	<ul style="list-style-type: none"> • Gaze-Directed Steering • Pointing • Map-based Travel • Grabbing the air 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Movimiento cuerpo ○ Brazos ○ Voz ○ Mov. brazos
Selección	<ul style="list-style-type: none"> • Virtual Hand • Ray-casting • Técnicas de oclusión • Arm-Extension 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Manos ○ Gesto click ○ No ○ Manos
Manipulación	<ul style="list-style-type: none"> • H.O.M.E.R • Scaled-World Grab • World-in-Miniature (WIM) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ray casting ○ Manos ○ Brazos
Control del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Menús • Órdenes de voz 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gestos ○ Voz

Otro aspecto fundamental en la interacción con Kinect es el de los gestos y las posturas. Tradicionalmente en el ámbito de la realidad virtual, todo el estudio y uso de los gestos iban destinados a las manos. Sin embargo, con Kinect se da un giro hacia una dinámica de diseño a nivel global del cuerpo entero. El motivo de ello es la existencia de problemas en la captación de los dedos comentados anteriormente. Por tanto, con este tipo de interacción se utilizan gestos pudiendo utilizar todas las partes del cuerpo. Evidentemente, los gestos más habituales son los que utilizan los brazos, ya que son los que resultan más naturales para el ser humano. Tenemos, por tanto, técnicas de interacción en el que se utilizan por ejemplo, la alternancia entre el levantamiento de brazos, desplazamientos concretos y combinaciones. El campo para la creación de gestos es amplísimo, por no decir ilimitado. Además, tiene mucho que ver el tipo de aplicación para el que estará destinado y sus características propias: finalidad, usuarios potenciales que la utilizarán, requisitos del sistema, etc. En este punto es preciso señalar la importancia que tienen los gestos de dedos que ya se utilizan con total normalidad con los dispositivos táctiles (teléfonos y tabletas) [15] [16]. Por ejemplo, el aumentar o el disminuir el zoom con los dedos en una pantalla táctil es un gesto que gran cantidad de usuarios conoce y lo toman con absoluta normalidad. Se propone aquí adaptar dichos movimientos al sistema Kinect, en el cual se utiliza todo el cuerpo. Por ejemplo, siguiendo con el tema del zoom, en lugar de usar los dedos se usarían ambos brazos, siendo el movimiento similar: acercar o alejar ambos brazos en función de si se quiere aumentar o disminuir la imagen.

4. INTERACCIÓN EN JUEGOS COMERCIALES XBOX 360

Esta sección se centra en analizar la interacción utilizada en los videojuegos que han sido desarrollados para la Xbox 360 y que utilizan el dispositivo Kinect. El objetivo de este análisis y nuestro principal interés sobre este estudio es recopilar los modos de funcionamiento que se podrían aplicar tanto al sector de los videojuegos (y así tener una guía sobre ellos) como a cualquier otro tipo de aplicación que requiera de interacción natural con Kinect. Se analizan los distintos aspectos del mecanismo de funcionamiento de la interacción entre el usuario y el sistema utilizando Kinect, como por ejemplo los menús de selección, las acciones en la dinámica del juego o la integración de la interfaz de usuario. Se analiza qué técnicas de interacción se están utilizando y se presenta un estudio crítico sobre su funcionalidad.

Se han analizado los siguientes juegos:

- *Trivia*: Minute to Win; Raving Rabbids; Alive & Kicking; Carnival Games; YooStar2: In the Movies; Body and Brain Connection.
- *Deportes*: Winter Stars; Kinect Sports; Season 2; Wipeout 2; Nicktoons MLB; Hulk Hogan's Main Event; MotionSports Adrenaline; Forza Motorsports 4; Wipeout in the Zone; Michael Phelps; Push the Limit; Virtua Tennis 4; Motion Sports: Play for Real; Adrenalin Misfits; Game Party: In Motion; Brunswick Pro Bowling; Deca Sports Freedom; Kinect Sports.
- *Fitness*: Zumba Fitness Rush; Jillian Michaels' Fitness Adventure; Your Shape Fitness Evolved 2012; Deepak

Chopr's Leela; miCoach Kinect; UFC Personal Trainer; The Biggest Loser: Ultimate Workout; Your Shape Fitness Evolved; EA Sports Active 2.

- *Baile*: Country Dance All Stars; Grease Dance Just Dance Kids 2; Dance Central 2; Victorious; Time to Shine; The Black Eyed Peas Experience; Just Dance 3; Dance Paradise; Def Jam Rapstar; Michael Jackson: The Experience; Dance Masters; Dance Central.
- *Aventuras*: Motion Explosion; SpongeBob Surf and Skate Roadtrip; Kung Fu High Impact; The Gunstringer; Harry Potter and the Deathly Hallows; Kinect Adventures.
- *Acción*: Rise of Nightmares; Mass Effect 3; Kinect Puss in Boots; Steel Battalion Heavy Armor; Child of Eden; Ghost Recon: Future Soldier; Star Wars Kinect; Kung Fu Panda 2; Heavy Fire: Afghanistan; Sonic Free Riders; Kinect Joy Riders.

En los menús de selección, existen distintas técnicas a utilizar. La más común es la que está implementada en la interfaz base de la Xbox 360, que consiste en un cursor con el icono de una mano que se mueve a lo largo de la pantalla en función del movimiento de nuestra mano. Es muy similar al uso del ratón típico de ordenador, y por ello es fácil de entender y utilizar por el usuario. Sin embargo, la mayor diferencia viene a la hora de realizar la selección. Es evidente que la acción que se haría con el ratón mediante el evento click, no se puede realizar tal cual con la interacción natural. En su defecto, se utiliza el tiempo que el usuario deja puesto el cursor sobre el elemento de la interfaz gráfica. Dicho tiempo viene representado con un temporizador en una circunferencia o círculo rodeando al icono de la mano que se va rellenando. Cuando se termina de completar, el elemento queda seleccionado y se lanza su correspondiente evento click. El propio menú de sistema de Xbox360 lo utiliza, además de otros juegos como por ejemplo: UFC Personal Trainer, Kinect Sports, Kinect Adventures, Brunswick Pro Bowling. El problema que tiene esta técnica viene determinado por la dificultad de marcar correctamente los elementos que son seleccionables y cuáles no; y por la configuración del tiempo correcto que se necesita para ser seleccionado. Una buena forma de marcar los elementos seleccionables es coloreándolos de otro color o dotándolos de relieve. Además, cuando el cursor se posiciona sobre ellos y empieza el proceso de selección, dicho cursor cambiará de forma, por ejemplo de una mano abierta a una cerrada y, opcionalmente de color, para alertar al usuario. (Ej: Kinect Sports, Wipeout 2 (rellena el cursor), En cuanto al tiempo, éste no puede ser ni muy largo, porque cansaría al usuario; ni muy corto, porque podría seleccionar elementos erróneamente. Se ha observado que un valor correcto es 1,5 segundos.

Otra técnica de interacción con los menús usa la altura de los elementos y la selección con gestos. Los distintos elementos se sitúan a diferentes alturas y se va remarcando el elegido en función de la posición de la mano del usuario. Para la selección, el usuario hace el gesto de mover la mano desde la posición actual de forma rápida (Ej: MotionSports Adrenaline, Your Shape Fitness Evolved 2012). Por último, en la selección de menú, también están contempladas las opciones de órdenes de voz, aunque éstas han de diferenciarse bien entre ellas para evitar confusiones en el proceso de reconocimiento.

Una de las características comunes que hemos detectado es que antes de que empiece la acción del juego, se muestra un vídeo introductorio o esquema de cómo se ha de utilizar. Esto es así por la gran cantidad de juegos distintos que existen, y las consiguientes acciones que se pueden realizar (Ejs.: Nicktoons MLB, Carnival Games, Kinect Sports, Game Party: In Motion). Esto es una dificultad adicional para el usuario, ya que tiene que aprender los movimientos especiales para cada tipo de juego y puede llegar a causarle confusión. Esta característica fue ya comentada por Jakob Nielsen en su análisis de la usabilidad de los gestos implementados en Kinect [18] en el año 2010 cuando justo acababa de ser lanzada la plataforma. Cuando se están mostrando los vídeos introductorios, para omitirlos se pueden utilizar técnicas de hacer gestos (como por ejemplo levantar un brazo) (Ejs: Hulk Hogan's Main Event; MotionSports: Play for Real, Ravving Rabbids; Winter Stars) u órdenes de voz (Ej: UFC Personal Trainer).

Durante el desarrollo de la acción del juego, se distinguen dos modos básicos de interacción: con un avatar virtual o con un mapa de profundidad del usuario. La opción de usar un avatar virtual se refiere al hecho de que existe un personaje virtual, a través del cual se maneja toda la acción y no existe ninguna información de "feedback" sobre lo que está captando la cámara. (Ejs: Virtua Tennis 4, EA Sports Active 2; Body and Brain Connection). Sin embargo, con el mapa de profundidad de usuario sí que se tiene ese feedback porque el jugador está viendo en todo momento lo que la cámara está captando. Éste mapa de profundidad puede captar únicamente al usuario (mostrándolo habitualmente en un único color llamativo) o interpolar la cámara RGB y que se vea la imagen completa. Es mejor utilizar únicamente el mapa de profundidad del usuario en un único color porque descentra menos al usuario y recoge el hecho verdaderamente importante que es la detección del usuario. Este hecho es importante a la hora de evaluar el grado de inmersión que tiene el juego. Con el avatar se logra más, ya que el usuario está plenamente representado por dicho avatar y realiza todas las acciones captadas. Por el contrario, este método puede tener el inconveniente de que a veces el usuario se sienta frustrado porque no haga la acción que él quiere debido a que la cámara no lo capta correctamente. Por ejemplo, porque se esté moviendo demasiado rápido o no esté situado correctamente en el espacio de la escena (Ej: Michael Phelps: Push The Limit).



Figura 3. Deca Sports Freedom [17]

La técnica de mapa de profundidad es útil, ya que da al usuario la información de lo que está captando realmente. Algunos videojuegos utilizan exclusivamente una técnica o la otra; en cambio, otros combinan ambas para obtener las ventajas de las dos técnicas. (Ejs: Jillian Michaels' Fitness Adventure, Zumba Fitness Rush, Deca Sports Freedom, UFC Personal Trainer) En la figura 3 se puede apreciar en el cuadro inferior izquierdo el mapeado del usuario y a la derecha el avatar. Sin embargo, al utilizar ambas técnicas, hay que tener en cuenta el aspecto del diseño relacionado con dónde colocar el mapa de profundidad respecto al avatar, ya que el usuario puede desconcentrarse al tener que cambiar el objetivo de su vista entre el avatar (y la acción del juego) y el feedback. Por ello, es recomendable que ambos elementos estén lo más cercanos posible, para que la vista del usuario se encuentre más cómoda.

5. APLICACIÓN EN REHABILITACIÓN COGNITIVA

Algunas de las técnicas de interacción vistas, las estamos utilizando en un proyecto de investigación que consiste en la creación de un software de soporte para llevar a cabo el proceso de rehabilitación cognitiva utilizando Kinect. En concreto, nuestro proyecto está orientado al desarrollo de un videojuego que incorpore de forma amena los distintos tipos de ejercicios que normalmente se suelen hacer con los enfermos de Alzheimer y combinando la rehabilitación tanto a nivel cognitivo como físico (levantar un brazo, mover una pierna, etc.). Estamos adaptando las técnicas tradicionales que se utilizan por los terapeutas a la tecnología de la interacción natural por medio de Kinect. Añadiendo, además, elementos propios de los videojuegos, como por ejemplo la gamificación [18], de la cual se obtienen grandes ventajas para la rehabilitación como por ejemplo el aumento de la motivación de los pacientes. El videojuego, además, tiene una parte configurable para poder adaptarlo a cualquier tipo de usuario, dependiendo de sus limitaciones y el grado de evolución de la enfermedad. De esta forma, los ejercicios que realizará un paciente serán distintos a los de otro. El terapeuta o rehabilitador puede introducir la información necesaria para la personalización de los ejercicios y de su nivel. Del mismo modo, otra de las características principales es la posibilidad de crear historias propias y adaptadas con elementos multimedia (vídeos, imágenes, etc.) combinadas con los juegos. En la figura 4 se muestra una imagen del módulo de creación de historias del prototipo. Así se consigue una inmersión y una motivación aún mayor del jugador. El videojuego, al ser utilizado por usuarios con unas características tan particulares, ya que la inmensa mayoría de los afectados por Alzhéimer son mayores de 65 años, ha de tener un diseño específico y adaptado a ellos. Con Kinect se interactúa con el cuerpo y estas personas pueden tener ciertas limitaciones que el usuario "convencional" no tendría.

Del estudio de cuáles son estas técnicas habituales de interacción para poder ofrecer una adaptación precisa nace este artículo. A la vez que estamos trabajando con el aspecto cognitivo lo hacemos con el físico, que también es muy importante de mantener para este sector.



Figura 4. Módulo creación historias del prototipo

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La interacción natural se empieza a plantear como el nuevo paradigma de interacción persona-ordenador gracias a la aparición en el mercado de sensores 3D como Kinect a un bajo coste que lo hace más accesible a la gran mayoría del público. En este artículo se han analizado las técnicas de interacción natural con dicho dispositivo. A partir de las características de las que dispone Kinect, se han estudiado cómo sería la adaptación a éste de las técnicas habituales de interacción en el campo de la realidad virtual. Se han analizado también las técnicas de interacción que están utilizando actualmente los juegos comerciales con Kinect, cuáles son sus ventajas y desventajas, y hemos propuesto algunas mejoras a raíz de dicho análisis. Por último, se comenta el proyecto de rehabilitación cognitiva en el que estamos trabajando.

Los trabajos futuros a continuar en esta línea pasarían por seguir analizando los juegos que sigan apareciendo para la Xbox 360 y observar si se tienden a estandarizar ciertas técnicas de interacción a medida que la cantidad de juegos en el catálogo aumenta. Otra línea de trabajo futuro es la evaluación de las implementaciones de las técnicas de interacción 3D en entornos virtuales comentados en el punto 4. Nos interesa realizar estudios con un número significativo de usuarios con distintos perfiles para poder ofrecer una comparativa de sus comportamientos. Por último, en nuestro proyecto de rehabilitación cognitiva para el Alzheimer, seguiremos trabajando en su implementación y evaluación con distintas asociaciones relacionadas con en este campo. El objetivo es que estos sistemas vayan siendo introducidos en los centros de terapia ocupacional progresivamente para que les puedan ser útiles, tanto a pacientes como a terapeutas especialistas. Para este último grupo, también se está desarrollando un módulo de software con el que poder gestionar datos e historiales de sus pacientes y poder crear planes de rehabilitación personalizados, de forma que se disponga de un sistema integrado.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España como parte del proyecto VIDEKO (TIN2011-26928).

8. REFERENCIAS

- [1] R. Garrido, A. García-Alonso, 2008, *Técnicas de Interacción para Sistemas de Realidad Aumentada*, Jornadas sobre Realidad Virtual y Entornos Virtuales (JOREVIR)
- [2] R. Padkowski, Ch. Stritzke, 2012, *Interactive Hand Gesture-based Assembly for Augmented Reality Application*, ACHI 2012, pp. 303 - 308
- [3] I. Oikonomidis, N. Kyriazis, A. Argyros, , 2011, *Efficient Model-based 3D Tracking of Hand Articulations using Kinect*, Proceedings of HCI International (refereed based on extended abstract), Hilton Orlando Bonnet Creek, Orlando, Florida, USA, 9-14 July 2011.
- [4] V. Frati, D. Prattichizzo, 2011, *Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics*, World Haptics Conference (WHC) 2011 IEEE, 317 - 321
- [5] Microsoft Kinect Teardown, iFixit <http://www.ifixit.com/Teardown/Microsoft-Kinect-Teardown/4066/1>
- [6] Librería de desarrollo, OpenKinect/libfreenect, http://openkinect.org/wiki/Main_Page
- [7] Librería de desarrollo, OpenNI, <http://75.98.78.94/default.aspx>
- [8] NITE, The Natural Interaction Middleware from PrimeSense <http://www.primesense.com/Nite/>
- [9] Asus WAVI Xtion, http://event.asus.com/wavi/product/WAVI_Xtion.aspx
- [10] Microsoft, Kinect for Windows, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [11] H. Lai, 2011 *Using Commodity Visual Gesture Recognition Technology to Replace or to Augment Touch*, 15th TSCONIT Conference, June 2011
- [12] Meekhof, C.; Yi-Chen Wei; Jian Sun; Baining Guo; 2011, *Kinect Identity: Technology and Experience*, Computer vol. 44, Issue: 4, 94 – 96, April 2011
- [13] Browman D., Kruijff E., LaViola J., Poupyrev I., 2001, *An Introduction to 3-D User Interface Design*, Teleoperators and Virtual Environments, February 2001, Vol. 10, No. 1, pp 96 – 108
- [14] Xuedong Huang, Acero A., Allea. F, Mei-Yuh Hwang, Li Jian, Mahajan, M., 1995, *Microsoft Windows highly intelligent speech recognition Whisper*, , Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1995. ICASSP-95, Vol. 1, 93 – 96
- [15] Frisch M., Heydekorn J., Dachselt R., 2009, *Investigating multi-touch and pen gestures for diagram editing on interactive surfaces*, ITS '09 Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, 149-156
- [16] Villamore C., Willis D., Wroblewski L., 2010, *Touch Gesture reference guide*
- [17] Figura juego comercial Deca Sports Freedom, <http://www.gamespot.com/deca-sports-freedom/reviews/deca-sports-freedom-review-6284469/>
- [18] Gabe Zichemann, 2011, *Gamification by Design*, O'Reilly.

Modelado de controles tangibles para juegos con ToyVision

Javier Marco
Madeira-ITI
University of Madeira, Portugal
javier.marco@m-iti.org

Eva Cerezo, Sandra Baldassarri
Advanced Computer Graphics Group (GIGA)
Computer Science Department,
Engineering Research Institute of Aragon (I3A)
University of Zaragoza, Spain
{ecerezo, sandra}@unizar.es

ABSTRACT

El presente artículo presenta “*ToyVision*”, un toolkit software para el prototipado rápido de interfaces tangibles en superficies horizontales interactivas o tabletops. La arquitectura de este toolkit incorpora una capa de abstracción de alto nivel, el nivel de dispositivo, que permite a los desarrolladores modelar en alto nivel los controles tangibles en juegos para tabletop, e independizar el desarrollo del juego de las plataformas hardware y software utilizadas. En el nivel de hardware *ToyVision* se basa en el entorno open-source Reactivision, al que se le han añadido nuevas funcionalidades. El toolkit comprende también un asistente gráfico que recoge del diseñador toda la información necesaria para el modelado de la pieza del juego en *ToyVision*. Para mostrar la potencia del toolkit propuesto se muestran al final del artículo dos juegos, con sus correspondientes controles, generados gracias a las características de *ToyVision*.

Author Keywords

Tabletop, toolkit, tangible, juegos, juguetes, arquitectura.

ACM Classification Keywords

H5.2. [Input devices and strategies]: User Interfaces.

General Terms

Design.

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de los dispositivos tabletop (superficies interactivas) tanto a nivel académico [23] [25] [7] como comercial [21] [24] está abriendo las puertas a una nueva generación de videojuegos físicos y sociales, híbridos entre el juego de tablero tradicional y las nuevas posibilidades de aumentar computacionalmente el espacio de interacción a través de imagen y sonido. La mayor parte de estos juegos se basan en la interacción multitáctil [6] [2]. Al desarrollar juegos de tablero para este estilo de interacción, las piezas del juego son representadas virtualmente en la superficie activa y los usuarios las manipulan mediante gestos con sus dedos. Muchos de los dispositivos tabletop no sólo detectan las manipulaciones de los usuarios con las manos, sino

que además son capaces de detectar e identificar objetos convencionales manipulados sobre la superficie. Gracias a esta posibilidad están apareciendo ejemplos de juegos basados en interacción tangible para dispositivos tabletop [11] [17]. Manteniendo en el entorno físico las piezas manipulables se amplifica el impacto emocional del juego de ordenador [14] [13] y se hace la tecnología más accesible a otros tipos de usuarios como son los niños pequeños [20], personas con discapacidad [18], y personas mayores [1].

Sin embargo, los diseñadores de juegos para estos dispositivos todavía tienen que enfrentarse a codificar en bajo nivel los algoritmos de detección de las manipulaciones del usuario y de identificación de las piezas físicas del juego, ralentizando el prototipado rápido de los juegos, e impidiendo su reutilización en dispositivos tabletop con hardware distinto.

En este artículo se presenta *ToyVision*, un toolkit para el desarrollo en alto nivel de prototipos de juegos tangibles para dispositivos tabletop. Gracias a él, el desarrollador puede modelar de forma gráfica las piezas físicas que se van a utilizar en el juego, abstrayéndose de la implementación de la detección de estas piezas por el dispositivo tabletop. Para llevar a la práctica esta propuesta se ha modificado el entorno open-source Reactivision [15] y se ha implementado un nuevo nivel de abstracción, el nivel de dispositivo, que ha sido desarrollado para el entorno de desarrollo Adobe Flash. No obstante, lo expuesto en este artículo puede ser fácilmente replicado en otros entornos para tabletops y entornos de desarrollo de aplicaciones para tabletop.

2. ESTADO DEL ARTE

Las ventajas de encapsular el desarrollo de interfaces de usuario en niveles de abstracción han sido ampliamente exploradas [9] y aprovechadas en varios toolkits para el desarrollo de GUIs bajo el paradigma WIMP.

El éxito que en los últimos años han tenido las aplicaciones multitáctiles también ha llevado a aplicar arquitecturas basadas en niveles de abstracción, dando lugar a diversos toolkits que permiten el desarrollo de aplicaciones con independencia del dispositivo tabletop y el entorno de desarrollo [28] [27] [19] e incluso abstrayendo al desarrollador del reconocimiento de los gestos realizados por los usuarios [12] [10].

Aplicar el modelo de interacción tangible en dispositivos tabletop requiere la detección y seguimiento de objetos convencionales sobre la superficie. La detección de objetos físicos en dispositivos de tipo tabletop es un campo reciente de investigación. La mayor parte de las interfaces tabletop hacen uso de técnicas de visión por

computador basadas en iluminación infrarroja para la detección de las yemas de los dedos como blobs blancos [26]. Con estas técnicas también es posible identificar y seguir objetos a partir de su forma. Sin embargo, una técnica mucho más robusta consiste en pegar a la base de los objetos un marcador impreso (fiducial). Muchos dispositivos tabletop ofrecen su propia colección de marcadores impresos para reconocer cualquier objeto. Microsoft Surface usa "DotCode" [4], Reactable usa "Reactivision amoebas" [15], que gracias a su carácter de código libre, se ha convertido en un estándar "de-facto" y está siendo soportado por otros toolkits como CCV [5]. Existen otras soluciones de fiduciales no asociadas a tabletop comerciales, como ARTOOLKIT [3], Trackmate [29], y Cybercode [16]. Todos ellos se basan en la misma idea: el fiducial se compone de áreas reflectivas y áreas no reflectivas a la luz, en una distribución topológica distinta en cada fiducial, lo que permite, a partir de los blobs de las áreas reflectivas, identificar las distintas distribuciones pertenecientes a los distintos objetos. El sistema puede por tanto, diferenciar objetos y dar su posición en la superficie del tabletop. Si el fiducial se diseña de forma asimétrica, puede también extraerse la orientación del objeto. Existen incluso técnicas para hacerlos invisibles al ojo humano pero visibles para la cámara IR [22]. El desarrollo de fiduciales está permitiendo que muchos toolkits multitáctiles también soporten ya el desarrollo de aplicaciones tangibles para tabletops.

La arquitectura de las aplicaciones toolkit para dispositivos tabletop ha sido descrita por Echtler and Klinker [8] a través de 4 niveles de menor a mayor grado de abstracción: nivel de hardware, nivel de calibración, nivel de interpretación de eventos y nivel de dispositivo (ver fig. 1). Todos los toolkits para el desarrollo de aplicaciones para tabletop ofrecen, al menos, el nivel de hardware, abstrayendo al desarrollador de acceder a los dispositivos de reconocimiento visual, y a los algoritmos de reconocimiento de blobs y de fiduciales. Conforme se van añadiendo niveles de abstracción, el desarrollador de aplicaciones para tabletop recibe del toolkit información de más alto nivel de las interacciones del usuario en la superficie. La separación entre el toolkit y el entorno de desarrollo de la aplicación para tabletop se está garantizando actualmente mediante la comunicación por medio de protocolos de red. En este sentido, el protocolo TUIO [15] se está convirtiendo en un estándar "de facto" para comunicar toolkits multitáctiles y tangibles con una amplia colección de entornos de desarrollo. Gracias a ello se adquiere la posibilidad de desarrollar aplicaciones con independencia del dispositivo tabletop. Sin embargo, el protocolo TUIO está diseñado para que el toolkit envíe eventos multitáctiles y tangibles (aparición, movimiento y desaparición de dedos y objetos) a la aplicación para el tabletop (ver fig. 1). Esto es así debido a que la mayoría de los toolkits existentes actualmente no implementan niveles de arquitectura más allá del nivel de interpretación de eventos. Poder acceder al nivel de abstracción de dispositivo le permitiría al desarrollador trabajar al nivel de los objetos que se encuentran sobre la mesa, y de sus estados en función de las manipulaciones de los usuarios.

La dificultad en diseñar un toolkit que implemente el nivel de abstracción de dispositivo, radica en la enorme amplitud de objetos del mundo físico que pueden ser usados en aplicaciones tabletop. Sin embargo, dado que el contexto en el que este trabajo quiere moverse es el del desarrollo de juegos de tablero, el espectro de objetos puede modelarse en unas pocas categorías, fácilmente gestionables en un nivel de dispositivo como se explica en el siguiente apartado.

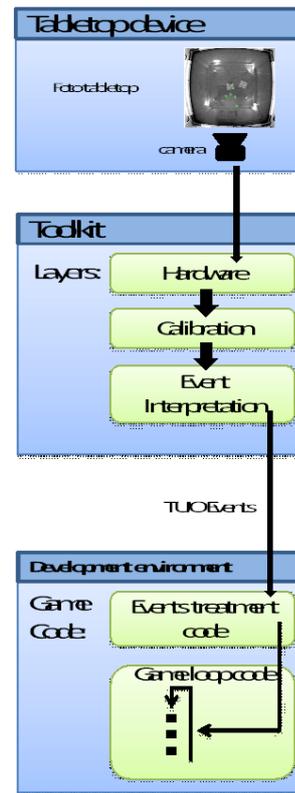


Figura 1. Arquitectura actual de los toolkit de desarrollo para dispositivos tabletop

3. TOYVISION: CATEGORÍAS DE OBJETOS TANGIBLES EN JUEGOS DE MESA

Cuando hablamos de juegos de mesa, no nos estamos limitando solo a juegos de tablero en los que varios jugadores se enfrentan manipulando piezas en un área dividida en áreas o casillas. Queremos cubrir el mayor número de actividades lúdicas que se juegan en una mesa utilizando objetos, incluyendo actividades plásticas como modelar con plastilina o pintar. Atendiendo a la función que los objetos cumplen en el juego, hemos distinguido las categorías que se exponen a continuación.

3.1 Simple Token

Es el objeto habitual de los juegos de tablero: las fichas (tokens) que cada jugador tiene y se van distribuyendo por el tablero en relación a determinadas reglas de juego. Son el elemento fundamental de juegos como las damas, el parchís, la oca o la ruleta. En general, los tokens son fichas pequeñas circulares idénticas entre sí, salvo por su color que suele usarse para representar al jugador al que pertenecen, o un valor económico, como en la ruleta. En general existen en el juego un gran número de tokens, pero de pocos tipos distintos (tokens blancos y negros en las damas, rojo, verde, azul y amarillo en el parchís....).

Para que el toolkit del dispositivo tabletop pueda reconocer tokens, es necesario identificar los blobs de las piezas colocadas directamente sobre la mesa. En caso de que el juego solo disponga de un tipo de piezas (todas exactamente idénticas entre sí), su reconocimiento visual puede hacerse directamente por la forma y

tamaño del blob capturado por el hardware visual (círculos de una determinada área). Sin embargo, si se requiere distintos tipos de ficha, la base de cada una se identifica por un fiducial reconocible por el toolkit. En el caso de *ToyVision*, cuyo nivel de hardware se basa en Reactivisión, la colección de fiduciales amoebas tiene una complejidad en su dibujo que hace que su reconocimiento sea inviable en piezas de menos de 4 centímetros de diámetro. Este es un tamaño excesivo para poder implementar juegos de tablero con un elevado número de piezas, como las damas o el parchís. Para poder utilizar fichas de tamaños más normales (1 cm de diámetro), se amplió el algoritmo de reconocimiento de fiduciales de Reactivisión para poder identificar fiduciales extremadamente sencillos basados en manchas negras, dentro de un área circular blanca (ver fig. 2). De esta forma, se pueden crear un número reducido de tipos de tokens distinguidos por el número de manchas dentro de su fiducial (en nuestras experiencias conseguimos reconocer cuatro grupos distintos de tokens, lo que permite implementar con *ToyVision* juegos como el parchís, con cuatro jugadores). Además, estos fiduciales pueden hacerse asimétricos, desplazando las manchas del centro, y con ello, el toolkit puede obtener la orientación del token, en caso de que el juego pueda requerirla.



Figura 2. Diferentes fichas de juego con los nuevos fiduciales soportados por *ToyVision*

3.2 Named Token

Otros juegos también se componen de fichas, pero en este caso cada una tiene un aspecto distinto del resto, ya que cumple una función en el juego específica y única. Un claro ejemplo sería el ajedrez: la torre tiene unos movimientos distintos del alfil... Aunque puede haber varias instancias de la misma pieza (en el ajedrez hay dos torres, ocho peones...) siempre cada una está identificada, no sólo por el jugador al que pertenece, sino por la función que cumple. Otros juegos de mesa tienen una única instancia y además no identifican al jugador, como por ejemplo, los juegos de cartas: cada naipe es único en la baraja y tiene un nombre específico: as de diamantes, tres de picas...

Para que el toolkit identifique cada pieza, la base de cada una lleva incorporado un fiducial único para cada tipo de pieza. En el caso de *ToyVision*, se ha aprovechado la colección de fiduciales amoebas que ya ofrece el toolkit Reactivisión (ver fig. 3). Ello afecta a la restricción de tamaño de piezas antes mencionada, por lo que se limita el número de piezas que podrán colocarse a la vez en la superficie.

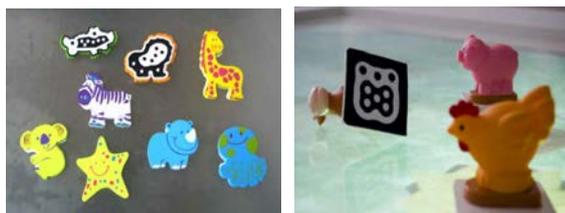


Figura 3. Diferentes juguetes identificados mediante fiduciales

3.3 Constraint Tokens

Otras piezas en juegos no son simples, sino que se componen de varias piezas que son manipulables dentro de los confines de la pieza principal. En la Figura 4 se muestra un control de este tipo. Podría ser usado para representar a cada jugador en el tablero (estilo pieza del Trivial Pursuit™) o como control de almacenamiento. Se compone de otras piezas más pequeñas (*tokens*) que se van colocando (o quitando) dentro de la pieza. En otros juegos, la manipulación puede ser más compleja; en una ruleta, en la que se hace girar una bolita alrededor de un plato circular, el *token* (la bolita) estaría restringido por el objeto mayor (ruleta).

Para que el toolkit identifique este tipo de piezas, se combina la detección de *simple tokens* y de *named tokens*. En *ToyVision* el objeto *constraint token* es identificado mediante un fiducial amoeba, mientras que los *simple tokens* se identifican por sus áreas blancas circulares (ver fig. 4).



Figura 4. Izquierda: Ejemplo de *constraint token* Derecha: base del juguete, fiducial para identificación y *simple tokens* con base blanca

3.4 Deformable Token

En otros juegos, los objetos no mantienen una forma constante, sino que ésta cambia al ser manipulados por los jugadores. Son generalmente materiales que se usan en juegos creativos, como la plastilina para modelar, cartulinas para recortar, o las pinturas.

Para que el toolkit reconozca la colocación de este tipo de elementos sobre el tabletop no se puede recurrir al uso de fiduciales, ya que es físicamente imposible añadir un marcador a algo que no tiene forma definida. En *ToyVision* la detección se basa en el reconocimiento visual de la forma del objeto. Para ello se ha ampliado en Reactivisión el algoritmo de reconocimiento visual de blobs para extraer información de su forma: área, perímetro, ángulos de inercia y una descripción vectorial del contorno del blob. Con esta información se elabora una lista de blobs presentes en cada momento en la superficie del tabletop, y se codifica en lenguaje XML, de forma que describe con detalle la geometría de todos los objetos no identificados con fiducial colocados en la mesa (ver fig. 5). Está lista se envía, con una periodicidad de tiempo configurable en el toolkit, a la aplicación que ejecuta el juego a través de un socket TCP-IP. Así, la aplicación del juego puede obtener la forma de los tokens deformables colocados durante el juego.

4. TOYVISION: ASISTENTE GRÁFICO Y NIVEL DE DISPOSITIVO

Para la implementación de *ToyVision*, con el nivel de dispositivo que lo distingue, se ha seguido un enfoque análogo a las herramientas existentes para la creación de interfaces GUI en aplicaciones basadas en WIMP, las cuales asisten al desarrollador

con herramientas gráficas para la creación de los controles de la aplicación. Posteriormente, el entorno de desarrollo permite el acceso a los controles creados a través de un conjunto de clases instanciadas para cada control incluido en el interface. *ToyVision* implementa también estas dos herramientas para el desarrollador (ver fig. 6):

1. Un **asistente gráfico** para la modelización de cada objeto tangible del juego, del cual saldrá la información necesaria para que los niveles inferiores del toolkit sepan qué tipo de elementos deben detectar, y cómo informar de ellos al nivel de dispositivo durante la ejecución del juego. Esto se lleva a cabo mediante ficheros de configuración que se cargan en la ejecución de la aplicación. Este asistente ha sido implementado en el entorno de desarrollo Adobe Flash tal como se detalla en la siguiente sección.
2. Un conjunto de **paquetes y clases** de programación Action Script 3 para Adobe Flash que permite al desarrollador el acceso a la información procesada por el nivel de dispositivo del toolkit. Esta información aparece encapsulada mediante una lista de objetos presentes en la superficie del tabletop y es continuamente actualizada según las manipulaciones de éstos. Esta librería de clases forma propiamente el nivel de dispositivo de la arquitectura propuesta, y será descrita con más detalle más adelante.

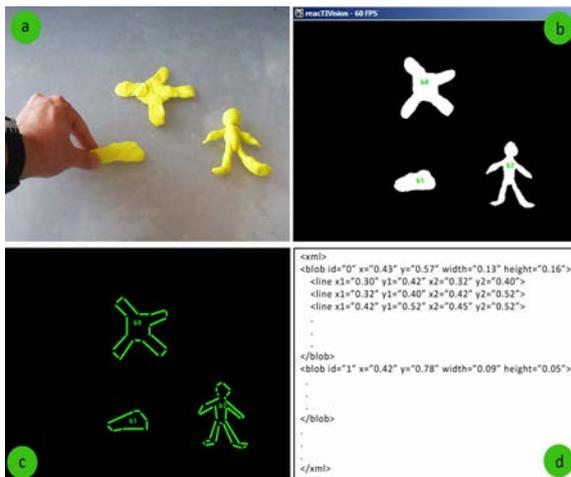


Figura 5. a: figuras de plastilina sobre el tabletop. b: imagen de los blobs detectados. c: detección de contornos de cada blob. d: codificación XML de cada blob en *ToyVision*

Como se puede ver en la Figura 6, en *ToyVision* se ha optado por implementar el nivel de dispositivo dentro del entorno de desarrollo de los juegos para tabletop, y no dentro del propio toolkit con el resto de niveles de la arquitectura. De esta forma se permite la reutilización del nivel de dispositivo por otros toolkits presentes o futuros de dispositivos tabletop, siempre y cuando se mantengan los protocolos de comunicación por red entre el nivel de dispositivo y el resto de niveles de arquitectura del toolkit. En *ToyVision* el protocolo de comunicación TUIO para la transmisión de eventos al nivel de dispositivo se ha complementado con una transmisión XMLSocket para enviar información ampliada sobre los *deformable tokens*, con objeto de mantener el protocolo TUIO dentro del estándar. En la futura

actualización del protocolo TUIO 2.0 está previsto que soporte el envío de información de blobs y sus descriptores geométricos [15], lo que permitirá integrar el envío de esta información dentro del protocolo TUIO y prescindir de la conexión XMLSocket complementaria.

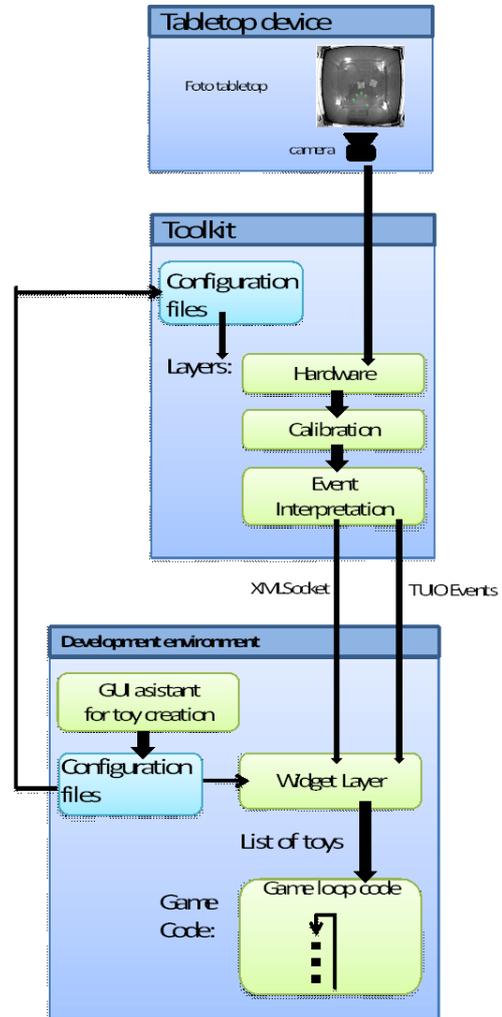


Figura 6. Arquitectura del toolkit *ToyVision*

A continuación se detallan el asistente gráfico y el nivel de dispositivo de *ToyVision*.

4.1 Asistente gráfico

Este módulo permite la modelización de forma gráfica de cada objeto tangible implicado en el juego a desarrollar. La aplicación funciona a modo de asistente, obteniendo paso a paso información sobre el juguete que se está modelando.

En primer lugar, el diseñador crea un nuevo control tangible eligiendo la categoría a la que pertenece: *simple token*, *named token*, *constraint token* o *deformable token* (ver fig. 7).

Una vez elegida la categoría el asistente solicita el nombre del juguete, el cual será usado para identificarlo en el nivel de dispositivo durante el desarrollo del juego. Tras ello se pasa a la interfaz de modelado del juguete: el diseñador recibe la imagen captada por la cámara del tabletop para que la use como referencia

al definir los elementos que el asistente le solicita, los cuales dependen de la categoría seleccionada.



Figura 7. Menú principal del asistente gráfico de ToyVision

Simple tokens

- A partir de la imagen de la base de una ficha de juego el diseñador define gráficamente el tamaño del *token* y un rango de tolerancia. De esta forma, si se colocan objetos fuera de la tolerancia de tamaño definida, no serán identificados como piezas del juego y serán obviados.
- El diseñador define el número de *tokens* distintos que pueden ser detectados (en nuestra implementación hasta 4), y el número de piezas de cada tipo que hay en el juego.

Named Tokens

- El diseñador define, usando como referencia la imagen de la base del objeto, el área útil donde se podrá añadir físicamente el fiducial (ver fig. 8).
- Se define también el número de copias de cada objeto *named token* que puede haber en juego



Figura 8. Izquierda: juguete *named token*. Derecha: asistente gráfico de creación del *named token*, para definir el área del fiducial.

Constraint Tokens

- Primero, al igual que en el caso de un *named token*, se define el área útil de la base del objeto para la colocación del fiducial.
- Después se definen las áreas de manipulación de los *simple tokens* restringidos, definiendo previamente el tipo de dichas áreas: asociativas o manipulativas.

Áreas asociativas son áreas dentro de las que pueden aparecer uno o más *simple tokens*. El diseñador dibuja en este caso una o varias áreas dentro de las cuales se podrá detectar la aparición de *simple tokens* (ver fig. 9).



Figura 9. Izquierda: juguete compuesto por cuatro *simple tokens* y áreas asociativas. Derecha: asistente gráfico de creación del juguete con herramientas para definir las áreas de aparición de los *simple tokens*

Áreas manipulativas: son áreas dentro de las cuales un *simple token* puede ser desplazado o rotado. El diseñador define un área rectangular dentro de la cual se restringe el movimiento del token.

- Finalmente se detalla el número de copias de este objeto que pueden aparecer en el juego

Deformable tokens

En este caso el asistente no solicita al diseñador la definición gráfica el objeto ya que este puede tomar cualquier forma. Lo que se define es la manera en la que la información procesada de los blobs (tal como se ha descrito en el apartado anterior) es enviada a través de la conexión XMLSocket a la aplicación que ejecuta el juego en desarrollo:

- Por intervalo de tiempo: el diseñador define un intervalo de tiempo en segundos, en el cual se envía periódicamente la información XML de los blobs detectados en la superficie de la mesa.
- Por aparición de un objeto *named token*. Se asocia el envío del XML a la aparición en la superficie de la mesa de un objeto *named token* previamente definido en el interface.

Una vez se han definido todos los objetos tangibles del juego, el modulo gráfico exporta los ficheros de configuración XML necesarios para el toolkit del tabletop y el nivel de dispositivo con los parámetros definidos para cada objeto. Se genera también un diccionario de fiduciales a identificar en el juego. Además, se genera un fichero PDF con los fiduciales para los *simple*, *named* y *constraint tokens* definidos previamente, el cual, puede ser impreso y recortado para pegar cada fiducial en su correspondiente objeto, con lo cual quedaría listo para ser usado en el juego (ver fig. 10).



Figura 10. a: Hoja impresa de fiduciales para un juego. b: fiducial recortado y aplicación de pegamento. c: pegado del fiducial al juguete

4.2 Nivel de dispositivo: implementación del juego

El nivel de abstracción de dispositivo ofrece al desarrollador del juego las herramientas de programación necesarias para acceder a información de alto nivel sobre los controles tangibles del juego, y las manipulaciones que los usuarios realizan con ellos. En *ToyVision* el nivel de dispositivo se ha implementado como un paquete de clases Action Script 3 para el entorno de desarrollo Adobe Flash. La clase principal es *ToyList*, la cual, al ser instanciada al comienzo del juego, carga los ficheros de configuración creados con el asistente gráfico previamente descrito. Una vez instanciada, ofrece al programador una lista con los controles tangibles presentes en la superficie del tabletop, y su estado. Los controles de la lista están identificados unívocamente por el nombre identificador que se les otorgó al crearlos en el asistente gráfico. Por tanto, un bucle normal de juego, consiste en recorrer los objetos de la lista, y tomar las acciones adecuadas en el juego para cada uno de ellos (ver fig. 11).

```
public function Game() {
    //instantiate List of Toys
    gameToys= new ToyList('path to
        configuration XML file');
    While (true) { //game loop
    }
    public function TabletopEvent(toy, eventType)
    {
        switch (toy.name) {
            case 'name1':
                if (eventType="add") { //toy placed}
                if (eventType="removed")
                    { //toy removed}
                if (eventType="updated")
                    { //toy moved/rotated}
                If (eventType="constraint")
                { //toy.updatedConstraint
                // is the area that triggered
                //the toy.constraintEvent
                Switch (toy.updatedConstraint) {
                    Case 't1':
                        if toy.constraintEvent="add"
                            { //a simple token has been
                            //added into this area
                            }
                        if toy.constraintEvent="removed"
                            { //a simple token has been
                            //removed from this area
                            }
                        if toy.constraintEvent="updated"
                            { //a simple token has been
                            //moved in this area
                            }
                        Break;
                    Case 't2':
                    ...
                }
                break;
            case 'name2': ...
            ... } } }
    }
```

Figura 11. Nivel de dispositivo: esquema del código AS3 de un juego desarrollado con *ToyVision*

5. JUEGOS IMPLEMENTADOS

A continuación, para dar una idea de la potencia creativa de *ToyVision* a la hora de prototipar juegos tangibles para dispositivos tabletop se muestran algunos ejemplos de juegos creados gracias al nivel de dispositivo de *ToyVision*.

5.1 Juego de música (Secuenciador)

El secuenciador es un juego de música en el que los niños pueden crear ritmos de batería (y bajo) usando las clásicas fichas circulares del juego de las damas. La partitura utilizada para crear ritmos musicales se puede entender como una distribución de notas musicales (las fichas) sobre una superficie bidimensional (la mesa), en la que el eje horizontal representa el tiempo, y el horizontal los diferentes instrumentos de la batería, representados con diferentes colores (ver fig. 12). La partitura se reproduce de izquierda a derecha.



Figura 12: Izqda: Fichas usadas en el juego de música "Secuenciador". Dcha: Fichas colocadas sobre la partitura

Controles tangibles

- Fichas: son interpretadas por el toolkit como *tokens*. La partitura mostrada en la mesa consiste en una rejilla de 8 instrumentos por 16 tiempos, por lo que sería posible incluir hasta 128 fichas para llenar toda la partitura de sonidos. Esto sería imposible usando fiduciales estándar de Reactivision, ya que, dado el tamaño mínimo que deberían tener las fichas, no cabrían todas en la mesa. Gracias a los nuevos fiduciales diseñados, estos pudieron ser añadidos sin problemas a fichas normales de juego de damas, cuyas dimensiones permiten llenar toda la partitura. Los nuevos fiduciales (ver fig. 12) permiten, además, que Reactivision distinga entre las fichas blancas y negras. En el juego dicha distinción se utiliza para variar el tono del instrumento sobre el que está colocada la ficha. En el caso de los instrumentos de percusión (platos, bombo...) las fichas negras tienen un sonido más agudo y corto que las blancas. En el caso de los instrumentos de cuerda (bajo), se ha utilizado un diseño de fiducial orientable, de forma que girando la ficha sobre la mesa, se varía el tono a lo largo de la escala musical, pudiendo componer una melodía de hasta 16 notas.
- Regulador: En el juego de la música, un regulador permite variar la velocidad a la que se reproduce el ritmo compuesto. Girando en una u otra dirección la manivela amarilla (ver fig. 13), la música se reproduce más rápida o más lenta. El juguete es un *constraint token*, en el que un *simple token* manipulativo puede girar a lo largo del perímetro del objeto. A partir del ángulo entre el fiducial central y el simple token se obtiene el valor de velocidad de reproducción de la música.



Figura 13: Regulador del ritmo en el juego de música ‘Secuenciador’

- Memoria: En el juego de la música, la memoria (ver figs. 4 y 14) permite guardar ritmos compuestos en la mesa. Al colocar una ficha azul en alguno de los cuatro huecos disponibles, la configuración actual de fichas en la mesa, queda automáticamente asociada con dicho hueco. De esta forma, cada vez que se coloca una ficha azul en un hueco que tiene un ritmo asociado, este se reproduce automáticamente sin necesidad de colocar las fichas en la mesa. De esta forma pueden ser almacenados y mezclados entre sí hasta cuatro ritmos. La memoria es un *constraint token*, compuesto de cuatro áreas asociativas en las que se pueden introducir *simple tokens* (fichas azules).



Figura 14: Uso de la memoria para almacenar ritmos en el juego de música ‘Secuenciador’

5.2 Juego de pintar

Se trata de una aplicación tangible para dibujar virtualmente sobre el tabletop (ver fig. 15). Se pueden usar diversos tipos de objetos para componer los dibujos.

Controles tangibles

- Pinceles: se usan pinceles convencionales para pintar sobre la mesa. El color se elige pasando el pincel sobre una paleta virtual. El grosor del trazo dependerá del grosor del pincel: el pincel es interpretado por el toolkit como un deformable token, y por tanto, el grosor del pincel es conocido a través del área del blob que genera el pincel apoyado sobre la superficie de la mesa
- Papeles: Los niños pueden pintar con rotuladores sobre folios marcados con un fiducial (named tokens). Después, colocando boca abajo el papel sobre la mesa, el dibujo queda registrado de forma virtual (el dibujo es

interpretado como un deformable token por el toolkit, y la aparición del fiducial del papel, dispara el evento para enviar el dibujo a través del XMLSocket). Los dibujos quedan guardados y representados por iconos en la barra superior de la aplicación de dibujo.

- Tampones: Son una colección de named tokens, que se usan para “pegar” los dibujos virtuales capturados de los papeles. Los usuarios ponen el tampón encima del icono de dibujo de la barra superior, para que este quede “impregnado” con el dibujo. Después pueden ir pegando el dibujo en el lienzo virtual simplemente golpeando el tampón sobre la superficie de la mesa.



Figura 15: Controles tangibles del juego de pintar

6. CONCLUSIONES

El toolkit *ToyVision* proporciona a los desarrolladores y diseñadores de juegos para tabletops herramientas que les permiten el prototipado rápido de juegos y juguetes.

Una característica diferenciadora de *ToyVision* es la gran variedad de controles que permite considerar, lo que abre la puerta a nuevas posibilidades de interacción tangible en los dispositivos tipo tabletop. Ello ha sido posible mediante el añadido de nuevas funcionalidades a *Reactivision*, la base del nivel de hardware del toolkit. Un asistente gráfico le facilita al diseñador el modelado de cada pieza del juego y genera automáticamente su especificación en XML con toda la información necesaria para facilitar en el nivel de dispositivo la implementación del juego.

Y es que la diferencia fundamental entre *ToyVision* y otros toolkits similares es la implementación de un nivel de dispositivo que permite a los diseñadores afrontar el desarrollo de las aplicaciones o juegos con un mayor nivel de abstracción. El nivel de dispositivo proporciona acceso a una serie de clases AS3 que informan del status de cada una de las piezas del juego a lo largo de la partida.

El software *ToyVision* y su código fuente están disponibles para descarga bajo licencia GPLv3 en la siguiente URL: http://webdiis.unizar.es/~jmarco/?page_id=297&lang=es

Como trabajo futuro se plantea la expansión de *ToyVision* a otros entornos desarrollo y a otros tipos de juegos y aplicaciones tangibles.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno Español a través del DGICYT contrato TIN2011-24660.

8. REFERENCIAS

1. Al Mahmud, A., Mubin, O., Shahid, S. and Martens, J.B. Designing and evaluating the tabletop game experience for senior citizens. 5th Nordic conference on Human-computer interaction (NordiCHI '08). ACM, pp.403-406.
2. Antle, A.N., Bevans, A., Tanenbaum, J., Seaborn, K., and Wang, S. 2010. Futura: design for collaborative learning and game play on a multi-touch digital tabletop. Fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction (TEI '11). ACM, pp. 93-100.
3. ARToolkit web: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
4. Bollhoefer, K.W., Meyer, K., and Witzsche, R. Microsoft surface und das Natural User Interface (NUI). Technical report, Pixelpark, Feb. 2009.
5. CCV web: <http://ccv.nuigroup.com/>
6. Cooper, N., Keatley, A., Dahlquist, M., Mann, S., Slay, H., Zucco, J., Smith, R., and Thomas, B. H. 2004. Augmented Reality Chinese Checkers. In Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (2005). ACE '04, vol. 74. 117-126.
7. Dietz, P. and Leigh, D. DiamondTouch: a multi-user touch technology. In UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, pages 219-226. ACM, 2001.
8. Echtler, F., Klinker G. A multitouch software architecture. In Proc of NordiCHI '08. 2008. pp. 463- 466.
9. Greenberg, S. Enhancing creativity with groupware toolkits. Groupware: Design, Implementation, and Use. Springer. 2003. pp. 1-9.
10. Hansen, T.E., Hourcade, J.P., Virbel, M., Patali, S., and Serra, T. PyMT: a post-WIMP multi-touch user interface toolkit. In Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS '09). ACM, New York, NY, USA, 17-24.
11. Heijboer, M., and van den Hoven, E. Keeping up appearances: interpretation of tangible artifact design. In Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges (NordiCHI '08). ACM, New York, NY, USA, 162-171.
12. Heng, X., Lao, S., Lee, H., and Smeaton, A. A touch interaction model for tabletops and PDAs. In Proc. PPD '08, 2008.
13. Hinske, S. and Langheinrich, M. 2009. W41K: digitally augmenting traditional game environments. In Proceedings of the 3rd international Conference on Tangible and Embedded interaction (2009). TEI '09, 99- 106.
14. Iwata, T., Yamabe, T., Polojrvi, M., and Nakajima, T. Traditional games meet ICT: a case study on go game augmentation. In Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction (TEI '10). ACM, New York, NY, USA, 237-240.
15. Kaltenbrunner, M. reacTIVision and TUIO: a tangible tabletop toolkit. In Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS '09). ACM, New York, NY, USA, 9-16.
16. Koike, H., Sato, Y., Kobayashi, Y., Tobita, H., and Kobayashi, M. Interactive Textbook and Interactive Venn Diagram: Natural and Intuitive Interface on Augmented Desk System. In Proceedings of Human Factors in Computing Systems (CHI'2000), pages 121-128. ACM.2000
17. 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.
18. 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, Berlin, Heidelberg, 182-193.
19. Lin, H.H., and Chang, T.W. A camera-based multi-touch interface builder for designers. In Human-Computer Interaction. HCI Applications and Services, 2007.
20. Marco, J, Cerezo, E., Baldassarri, S. Mazzone, E. Read, J. Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children. 23rd BCS Conference on Human computer Interaction. Cambridge University. 1-4 september 2009. p.103-111. ISBN:978-1-60558-395-2.
21. Microsoft surface: <http://www.microsoft.com/surface/>
22. Park, H., and Park, J.I. Invisible marker tracking for AR. In Proc. of Third IEEE and ACM Intl. Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2004). IEEE/CS, 2004.
23. Patten, J., Ishii, H., Hines, J. and Pangaro, G. Sensetable: a wireless object tracking platform for tangible user interfaces. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'01). ACM, 253-260.
24. Reactable web: <http://www.reactable.com>
25. Rekimoto, J. and Saito, M. Augmented Surfaces: a spatially continuous work space for hybrid computing environments. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing System (CHI'99), pages 378-385. ACM, 1999.
26. Schöning, J., Hook, J., Motamedi, N., Olivier, P., Echtler, F., Brandl, P., Muller, L., Daiber, F., Hilliges, O., Löchtefeld, M., Roth, T., Schmidt, D. and von Zadow, U. Building Interactive Multi-touch Surfaces. JGT:Journal of Graphics Tools. 2009.
27. Shen, C., Vernier, F., Forlines, C., and Ringel, M. DiamondSpin: an extensible toolkit for around-the-table interaction. In Proc. CHI '04, pages 167-174, 2004.
28. Touchlib. <http://www.nuigroup.com/touchlib/>.
29. TrackMate web: <http://trackmate.sourceforge.net/>

PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE CONTROL CON Y SIN POSICIÓN PARA JUEGOS FPS INMERSIVOS

A. Olivas, J.P. Molina,
J. Martínez, P. González
Inst. de Investigación de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
02071 Albacete, Spain
+34 967 599 200

Andres.Olivas@alu.uclm.es,
JosePascual.Molina@uclm.es,
Jonatan.Martinez@uclm.es,
Pascual.Gonzalez@uclm.es

A.S. Jiménez
Symbia IT
Parque Científico y Tecnológico
Albacete, Spain
+34 967 555 334
arturo@symbiait.es

D. Martínez
Faculty of Engineering
University of Bristol
Clifton BS8 1UB, UK
+44 (0)117 331 5830
Diego.Martinez-
Plasencia@bristol.ac.uk

RESUMEN

La industria del videojuego está inmersa en una época de cambio y renovación, donde nuevas formas de interacción se abren camino. Wii, PlayStation Move o Kinect son ejemplos de este nuevo rumbo y marcan el camino a seguir en los próximos años.

Uno de los géneros en auge durante los últimos años, los videojuegos de disparo en primera persona, o FPS por sus siglas en inglés, usan hoy en día modos de control nada realistas, basados en el mando de una videoconsola o en el teclado y ratón de un ordenador. En este tipo de videojuegos se podrían usar sistemas de captura de movimiento para conseguir una experiencia sumamente realista. Los inconvenientes de estos sistemas son su alto coste y el espacio que suele requerir su instalación. El objetivo de este trabajo es estudiar la posibilidad de conseguir resultados con un nivel de realismo similar usando dispositivos que capturan solo la orientación del usuario.

El trabajo ha consistido en el desarrollo completo de un videojuego FPS inmersivo. Con él, se han creado nuevos modelos de control, usando tanto la posición y orientación del usuario como solo la orientación. Para evaluar estos modelos se ha realizado un experimento con veinticuatro usuarios, que han podido probar el sistema y expresar su opinión sobre él.

Categories and Subject Descriptors

I.3.6 [Computer Graphics]: Methodology and techniques.

General Terms

Design, experimentation, human factors.

Keywords

Videojuegos, first-person shooters, realidad virtual.

1. INTRODUCCIÓN

Los videojuegos de disparo en primera persona o *first-person shooters* (en adelante FPS) es un género destacado dentro de los videojuegos [4][5]. Se caracterizan por mostrar el entorno de juego como si fuese visto a través de los ojos del protagonista, se muestra el entorno de juego pero de ese personaje solo aparece una pequeña parte, usualmente las manos y armas que porta. Este género tuvo sus inicios en el año 1974 cuando aparecieron los dos primeros videojuegos que seguían la filosofía de la visión en primera persona: *Spasim* y *Maze War*. Los FPS han evolucionado mucho desde entonces y se podría decir que tres grandes periodos han marcado su historia. El primero estaría abanderado por *Wolfenstein 3D* y abarcaría los FPS en dos dimensiones. El segundo periodo comenzaría con *Quake* que revolucionó el género con la llegada de las tres dimensiones y su modo multijugador. Por último, los FPS tal y como son conocidos en la actualidad, con gráficos muy realistas, gran peso argumental y un fuerte componente multijugador.

A lo largo de estos años, sin embargo, el modo de control no ha variado tanto. Los primeros juegos usaban únicamente el teclado para moverse por el entorno y disparar a los enemigos. El uso del ratón no tardó en incorporarse, formando una combinación que ha monopolizado los juegos FPS durante años. Actualmente, se usan principalmente dos configuraciones de periféricos para el control: ratón y teclado (teclas WASD) en el caso de juegos para ordenador, y un joystick o mando con sticks y botones en el caso de las videoconsolas. A pesar de sus claras diferencias, los dos se basan en los mismos principios: con los dedos de una mano se controla el desplazamiento del personaje por el escenario y con los de la otra se apunta con el arma hacia el objetivo. Además, es habitual que la vista siga el movimiento del arma, y viceversa, que el avatar dispare donde está mirando. En este trabajo se van a separar esas dos componentes para estudiar la viabilidad de un tipo de control más cercano a la realidad, en el que el usuario mueve la cabeza para cambiar el punto de vista del juego y apunta el arma con sus propias manos.

Recientemente, han aparecido videojuegos que usan un tipo de control para el arma mucho más realista gracias a los nuevos periféricos de consolas. Es el caso del wiimote [9], PlayStation Move [14] y Kinect [8]. Estos nuevos modos de control usan el movimiento del usuario en el espacio para apuntar, siendo más

realista y ajustado a cómo se haría con un arma de verdad. De momento son muy escasos los títulos que permiten estas nuevas funciones, y es un mercado que está comenzando su andadura.

En este repaso histórico se han dejado fuera los juegos de máquinas recreativas y otras variantes de los FPS. Estos sistemas siempre han buscado un mayor realismo en el control, permitiendo al usuario empuñar una pistola, en juegos como *Time Crisis*, o sumergirse en el entorno con un visiocasco y un joystick, en títulos como *Dactyl Nightmare*, que corría en el sistema *Virtuality* [1]. Este último contaba con sensores de posición y orientación para una experiencia totalmente inmersiva. En general, las recreativas FPS han usado formas de juego más realistas que contrastan mucho frente al clásico control de teclado y ratón del PC.

Los sistemas de captura de posición y orientación, o *trackers* en inglés, permiten llevar con exactitud los movimientos de cualquier usuario a un entorno virtual, también en un videojuego. Si este tipo de sistemas fueran usados en los actuales juegos FPS inmersivos, darían lugar a una forma de juego mucho más realista que las conseguidas con el teclado y ratón o los mandos de juego. El problema de estos sistemas es su coste más elevado, llegando a ser prohibitivo para el usuario de consumo, y lo complicado de tener una instalación así en casa, pues necesitan mucho espacio libre alrededor del usuario. La motivación central de este trabajo es estudiar si es posible reducir ese coste sin perder prestaciones, usando dispositivos como los giroscopios y acelerómetros, mucho menos costosos, tanto en lo económico como en el espacio de captura requerido. En cierta manera, con este trabajo se pretende responder a la siguiente pregunta: ¿podría montarse en casa un videojuego FPS inmersivo por un coste razonable?

2. MODELOS CON Y SIN POSICIÓN

Con un sistema de captura de posición y orientación, todo lo que haga el usuario se podrá reproducir en el juego de manera fiel. Sin embargo, si solo se captura la orientación, es necesario suplir la falta de información de posición con suposiciones que permitan aproximarnos lo máximo posible a los movimientos reales del usuario. Por ejemplo, cabe asegurar que la posición de la mano del usuario no se va a separar del tronco más de la longitud de un brazo. Estas suposiciones tienen su base en el estudio detallado del usuario y los movimientos que realiza al empuñar y apuntar un arma, con una mano o dos, y han llevado a los modelos que se exponen a continuación.

2.1 Modelo con posición

Este es el modelo ideal, ya que en todo momento se usarán los datos reales de la posición y orientación del usuario para situar tanto su punto de vista como su arma en el escenario del juego.

2.2 Modelos sin posición

En este caso, solo se conoce la orientación del usuario, de su cabeza y manos, y los modelos rellenan la información que falta asumiendo una determinada posición para el punto de vista y el arma en ese escenario de juego.

Así, los siguientes modelos suponen que el usuario está de pie y no se mueve, o no lo hace apenas, del lugar donde está erguido, lo que nos permite fijar la posición del punto de vista dentro del juego a la misma altura que tienen los ojos del usuario, y al combinar esa posición con la orientación devuelta por el tracker de cabeza se consigue que el juego siga con bastante fidelidad el movimiento de la cabeza.

Los modelos también asumen que cuando el usuario mueve su cabeza suele acompañar el movimiento con el tronco, y con él también con sus miembros superiores, y también asumen que cuando el usuario mueve el arma también acompaña este otro movimiento con la cabeza, aunque la orientación de la cabeza y el arma no tienen por qué coincidir. Así, si bien la orientación del arma vendrá dada por el tracker de la mano o del dispositivo que sostenga el usuario en la misma, podemos fijar su posición relativa al punto de vista. Si el usuario mueve la cabeza, se moverá el punto de vista dentro del juego, y con él la representación del arma. La diferencia entre unos modelos y otros estará en esa posición relativa, que para unos será la posición del codo y para otros la de la muñeca. Además, se distinguirá entre empuñar el arma a una o a dos manos.

2.2.1 Modelos para una mano

a) Modelo de apuntar con la muñeca. Este modelo asume el usuario sostiene el arma con una mano y que es la muñeca lo que gira al apuntar, por lo que se fija la posición de la muñeca y sobre ella se aplica la orientación que devuelve el tracker. En la figura 1 se puede ver la posición a la hora de disparar que se ha escogido como referencia, y en la figura 2 la representación de la mano en el escenario de juego.

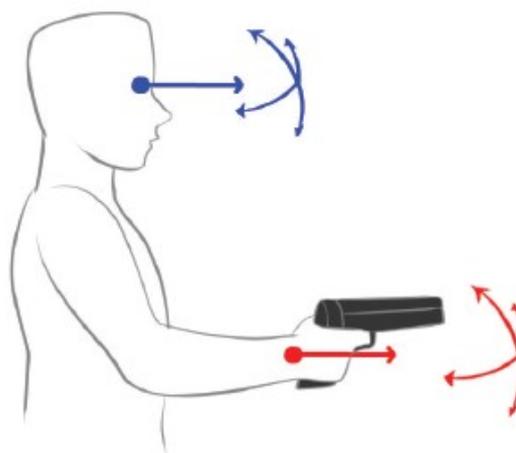


Figura 1. Modelo para una mano, apuntando con la muñeca.



Figura 2. Representación del modelo para una mano, muñeca.

b) Modelo de apuntar con el codo. Este modelo supone que el usuario mueve el codo, y no la muñeca, al apuntar el arma con una mano. Se toma entonces la posición que se observa en la figura 3. En esta ocasión se usará una representación del antebrazo en el juego, y se orientará desde la posición del codo usando los datos del tracker, como se ve en la figura 4.

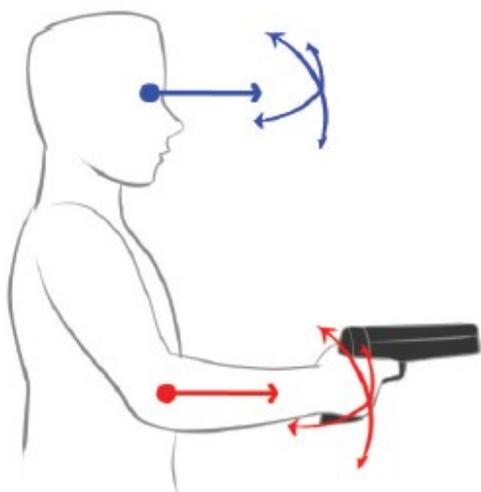


Figura 3. Modelo para una mano, apuntando con el codo.



Figura 4. Representación del modelo para una mano, codo.

2.2.2 Modelos para dos manos

a) Modelo de apuntar con las muñecas. Este modelo asume que el usuario empuña el arma con las dos manos y la apunta girando las muñecas. En la figura 5 se puede ver la posición a la hora de disparar que se ha tomado como referencia, y en la figura 6 un modelo 3D de las manos y el arma que se orientarán según los datos que lleguen del tracker.

b) Modelo de apuntar con los codos. Este modelo supone que son los codos, y no las muñecas, lo que el usuario gira cuando apunta el arma con las dos manos. Se tomará como modelo la posición que se observa en la figura 7. En el juego se usará un modelo 3D de los dos brazos, como se observa en la figura 8, que se orientarán usando los datos que proporcione el tracker.

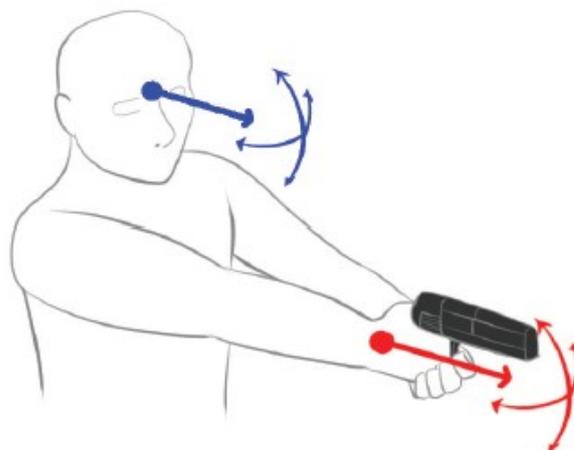


Figura 5. Modelo para dos manos, apuntando con las muñecas.



Figura 6. Representación del modelo a dos manos, muñecas.

2.2.3 Modelos para zurdos

Los modelos para zurdos será simétricos a los descritos para diestros, cambiando la posición del arma al lado izquierdo del punto de vista.

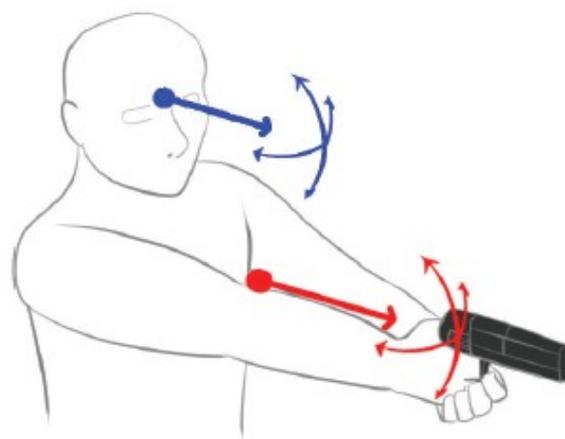


Figura 7. Modelo para dos manos, apuntando con los codos.



Figura 8. Representación del modelo a dos manos, codos.

3. EXPERIMENTO

Para evaluar qué modelo se comporta mejor se han realizado baterías de pruebas con usuarios reales. En los siguientes apartados se detalla el experimento llevado a cabo.

3.1 Hardware y software

3.1.1 Hardware

Para este experimento se ha contado con un sistema de captura iotracker con cuatro cámaras y dos cuerpos rígidos, un visiocasco i-glasses, y un mando wiimote (figura 9).



Figura 9. Participante con el visiocasco y wiimote usados.

Iotracker es un sistema que captura posición y orientación en tiempo real [6]. Para ello hace uso de cámaras de infrarrojos, cuerpos rígidos y un ordenador con el software de iotracker. Los cuerpos rígidos, o *targets*, están recubiertos de un material que refleja la luz infrarroja que es proyectada por las cámaras, lo que les sirve a éstas para detectarlos y enviar la información al ordenador. Allí un software especializado usa los datos de las cuatro cámaras y por triangulación establece la posición exacta de cada target. En el ordenador se encuentra funcionando un servidor VRPN [15], que se encarga de proporcionar por TCP/IP los datos

sobre la posición y orientación que obtiene del software de iotracker a cualquier cliente que se conecte al mismo.

El visiocasco i-glasses [7] cuenta con dos pantallas, una para cada ojo, y auriculares estéreo. Combinado con el sistema iotracker, permite que el usuario pueda dirigir su mirada a cualquier punto del escenario, logrando una mayor inmersión del usuario al sustituir por completo la imagen del mundo real por la del juego.

El wiimote es el mando de control de la consola Wii de Nintendo [9]. Es inalámbrico y se puede conectar fácilmente al ordenador mediante Bluetooth. Además, existen accesorios que permiten vestirlo como un arma de fuego, en nuestro caso un revólver, y disparar apretando el gatillo, lo que aumenta aún más la sensación de realismo e inmersión en el juego.

3.1.2 Software

El juego FPS ha sido creado con Ogre3D [10], acrónimo de “Object Oriented Graphics Rendering Engine”, es decir, un “Motor de Renderizado de Gráficos Orientado a Objetos”. Ogre se basa en C++ y proporciona herramientas excelentes para crear escenas tridimensionales, pero para otras funcionalidades requiere el uso de plugins y librerías adicionales. Así, también se ha usado OIS [11] para la entrada por teclado y ratón, VRPN [15] para recibir datos del iotracker, Wiiyourself! [18] para el wiimote, OpenAL [12][13] para el sonido, Gorilla [17] para crear el HUD, y Sion Tower Collisions [16] para la detección de colisiones. Para la creación de los modelos en 3D se ha empleado Autodesk Maya 2010 [2], junto con OgreMax Scene Exporter para exportar los modelos a ficheros compatibles con Ogre (.mesh). Finalmente, el entorno de desarrollo ha sido Microsoft Visual Studio 2010, corriendo todo ello sobre el sistema operativo Windows 7.

3.2 Diseño de las pruebas

A la hora de diseñar las pruebas, se han analizado todas las variables que podían influir en las mismas, y se han intentado asilar para obtener unos resultados lo más generales posibles.

3.2.1 Escenario de juego

Se ha cuidado que el entorno donde se desarrollan las pruebas sea lo más sencillo posible. El usuario debe centrarse en su tarea, sin distraerse por otros elementos. Inicialmente, el escenario estaba formado tan solo por el suelo y el cielo, aunque pronto se le añadieron unas columnas con el único fin de servir de referencia al usuario cuando éste se mueve por el entorno.

3.2.2 Dianas

Dado que la tarea del usuario en un juego FPS consiste en disparar a objetivos en el escenario, las principales variables vendrán de las características de estas dianas:

- **Forma.** La geometría de las dianas define gran parte del comportamiento del usuario a la hora de apuntar. Se podría pensar en dianas con forma humana, pero su irregularidad no permitiría sacar conclusiones claras sobre la puntería de los usuarios. No es lo mismo que apuntar a la cabeza o al cuerpo de un enemigo ya que suelen tener tamaños distintos. La mejor opción es, por tanto, la forma circular o esférica, donde los puntos exteriores están todos a la misma distancia del centro del objeto, y así un fallo siempre tendrá el mismo peso.

- **Tamaño.** Esta característica repercute directamente en la dificultad de acertar en la diana. Por tanto, es razonable pensar

que resultará más sencillo disparar a objetivos de gran tamaño que a objetivos pequeños.

- **Distribución espacial.** La colocación de los objetivos puede dividirse según su posición respecto al usuario: *acimut*, si se distribuyen alrededor del propio usuario; *elevación*, si están a mayor o menor distancia del suelo; y *distancia*, si están cerca o lejos del usuario.

3.2.3 Otras variables

Otras variables que se han tenido en cuenta al diseñar las pruebas son: el número de objetivos, objetivos fijos o en secuencia, número de disparos, mirilla, tiempo y HUD.

3.3 Pruebas

A partir del diseño se desarrollaron cuatro pruebas sintéticas que se centran de forma individual en otras tantas variables de las dianas, para estudiar si alguna tiene más peso que otra en los fallos y aciertos del usuario: *acimut*, *elevación*, *distancia* y *tamaño*. También se añadió una prueba sintética mixta, que mezcla todas esas variables, una prueba real basada en un videojuego comercial, y una última prueba para la tarea del aprendizaje.

3.3.1 Pruebas sintéticas

Todas las pruebas sintéticas tienen en común las siguientes características: se usan diez dianas circulares, todas con un metro de diámetro salvo en la prueba de tamaño; no hay limitación de munición; tampoco hay limitación de tiempo, aunque en el análisis posterior sí se tiene en cuenta el tiempo empleado; no se usa ninguna mirilla que puedan facilitar la tarea de las pruebas; y el HUD solo muestra los aciertos, los fallos y los disparos totales.

a) Prueba de acimut. Las dianas se colocan alrededor del usuario y éste tiene que girar 360 grados para alcanzarlas todas. La figura 10 muestra esta disposición a vista de pájaro. Todas las dianas son visibles desde el inicio de la prueba, el usuario las irá viendo a medida que gira.

b) Prueba de elevación. Las dianas se disponen delante del usuario a distintas alturas, como se observa en la figura 11. En este caso, la aparición de las dianas es secuencial y al acertar una aparece la siguiente. Con esto se quiere evitar que el usuario dispare a las dianas realizando solo pequeños saltos de movimiento de una diana a la siguiente más cercana. Además, el orden de aparición es diferente para cada modelo de control, lo que también quiere evitar que el usuario recurra a su memoria al repetir la prueba con distinto modelo de control.

c) Prueba de distancia. Las dianas se sitúan frente al usuario, a la misma altura pero a distintas distancias. La figura 12 muestra su distribución desde una vista elevada. Igual que en el caso de la prueba anterior, las diez dianas irán apareciendo de manera secuencial pero en un orden distinto dependiendo del modelo de control.

d) Prueba de tamaño. Las dianas estarán situadas frente al usuario y tendrán distintos tamaños. Una vez más, las dianas aparecen secuencialmente con un orden que varía según el modelo de control. En la figura 13 se pueden ver las dianas desde el punto de vista que el usuario tiene en el escenario de juego.

e) Prueba mixta. En esta prueba, todas las dianas son visibles desde el inicio, y su posición mezcla todos los parámetros que se

evalúan por separado en las anteriores pruebas. Hay dianas de distinto tamaño, altura, y distancia distribuidas alrededor del usuario.

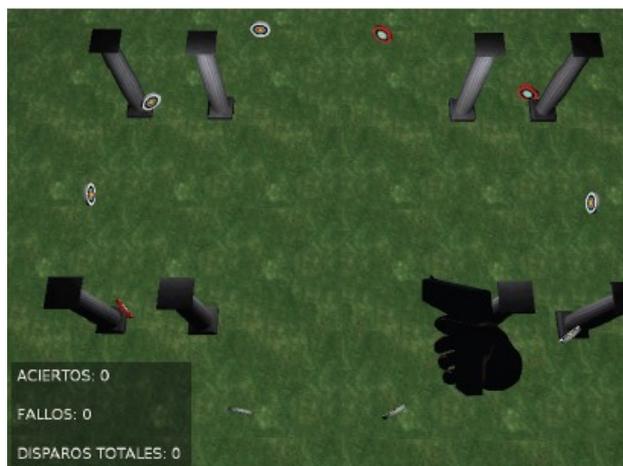


Figura 10. Prueba de acimut.



Figura 11. Prueba de elevación.

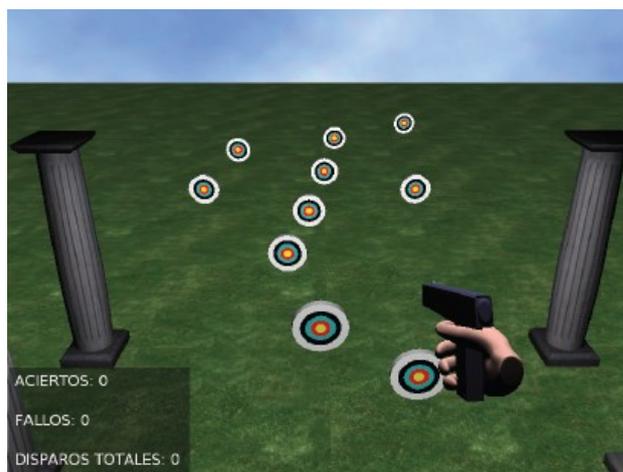


Figura 12. Prueba de distancia.



Figura 13. Prueba de tamaño.

3.3.2 Prueba real

Con esta prueba se quiere constatar que los modelos son perfectamente aplicables a un videojuego comercial, recreando uno de ellos.



Figura 14. Prueba real.

Entre los distintos títulos se ha escogido el videojuego “Link’s Crossbow Training” de Wii, en que se usa el wiimote para apuntar a la pantalla y disparar a los objetivos que aparecen en ella para conseguir la mejor puntuación posible en un tiempo dado. El juego tiene diferentes niveles, pero se ha escogido el nivel 3-1 porque usa dianas como en las otras pruebas (figura 14). Sus características son: el número de dianas es 31; hay un límite de tiempo, 60 segundos, ajustado pero suficiente para terminar la batería de dianas; cada acierto tiene un valor de 100 puntos y cada fallo supone la pérdida de 20 puntos; el HUD incluye la puntuación obtenida hasta el momento y el tiempo restante.

3.3.3 Prueba de aprendizaje

Se trata de un escenario de prueba que los participantes usan para familiarizarse con los distintos modelos de control que prueban en el experimento. Cuando la terminan o se desenvuelven con normalidad en ella, pasan a realizar las pruebas sintéticas y real.

3.4 Procedimiento

Como se ha visto, hay dos formas distintas de empuñar el arma, con una mano o con dos manos, y se han definido tres modelos de control distintos para cada una de ellas, en total seis. Además, se han diseñado un total de cinco pruebas sintéticas, una prueba real y una prueba de aprendizaje. Completar todas las posibles combinaciones entre modelos de control y pruebas requería mucho tiempo del participante, lo que puede alterar los resultados tanto por cansancio como por la experiencia que va ganando. Para reducir estos efectos, se optó por un enfoque “between subjects”, de modo que cada usuario solo realizaría las pruebas para una mano o para dos. Así, cada usuario completó las pruebas tres veces, pero con distinto orden y usando en cada tanda un modelo de control diferente.

Al inicio del experimento, al participante se le entregaba un acuerdo de participación, siguiendo el código ético de la investigación en usabilidad de AIPO [3], un cuestionario general y unas instrucciones.

Después, cada tanda empezaba con la prueba de aprendizaje, para que el usuario se familiarizara con el modelo de control que iba a usar en esa tanda de pruebas. Una vez superada, se pasaba a las pruebas sintéticas: acimut, elevación, distancia y tamaño. Aquí el orden varía para cada usuario, para balancear los efectos de la experiencia que van adquiriendo. Para ello se usó la aproximación del cuadrado latino. Tras ello, se realizaba la prueba mixta, una mezcla de los parámetros de las anteriores. Finalmente, se realizaba la prueba real que, como se ha visto, se asemeja a un videojuego comercial. Durante cada prueba, el sistema recogía los siguientes datos: *aciertos*, debe ser constante pues hay que alcanzar todas las dianas para dar por finalizada la prueba, pero se almacena por si algún usuario no la termina por cualquier motivo; *fallos*, número total de disparos fallidos; y *tiempo empleado*, aunque el participante no era consciente de ello.

Tras cada tanda, el participante cumplimentaba un cuestionario de uso, con el que se recoge su opinión sobre el modelo de control empleado. Al término del experimento, también cumplimentaba un cuestionario de uso final, con el que se recoge su opinión sobre todo el sistema, y que incluye un apartado en el que debía ordenar de mejor a peor los diferentes modelos de control usados.

3.5 Participantes

La aproximación del cuadrado latino usada para variar el orden de las pruebas sintéticas produce doce series, lo que significa que eran necesarios doce participantes para evaluar esa forma de empuñar el arma. Como se puede coger con una o con dos manos, el número total de participantes fue de veinticuatro, todos ellos estudiantes universitarios con experiencia variada en videojuegos.

3.6 Resultados

3.6.1 Modelos para una mano

a) Datos del sistema

En las figuras 15 y 16 se recogen la media de fallos en cada prueba y el tiempo medio empleado en completarlas. La gran similitud entre las gráficas se debe a que los fallos y el tiempo empleados están íntimamente relacionados, ya que un fallo obliga a realizar más disparos con la correspondiente pérdida de tiempo.

En estas gráficas, se observa que se comporta peor el modelo de apuntar con la muñeca, con más fallos en todas las pruebas respecto a los otros modelos. Por su parte el modelo con posición

es el que obtiene mejores resultados, aunque son parecidos a los del modelo de apuntar con el codo. Aunque similares, puede verse que en el modelo del codo se emplea más tiempo en algunas pruebas que el que usa posición. Esto hace suponer que cuesta más apuntar y se necesita más tiempo antes de tener certeza de acertar al objetivo. Algo mucho más acentuado en el modelo de la muñeca, con peores tiempos que el resto. Existe un tiempo extra que se necesita para completar la prueba acimut y la prueba mixta debido a que el usuario tiene que girar 360 grados en el espacio para disparar a todas las dianas.

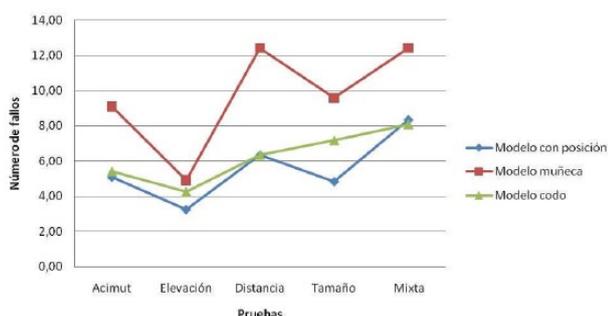


Figura 15. Media de fallos con los modelos para una mano.

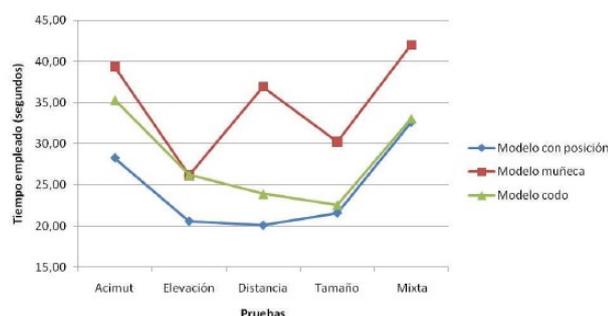


Figura 16. Media de tiempos con los modelos para una mano.

b) Cuestionarios.

En los cuestionarios, la dificultad al apuntar se puntuaba entre “1” y “5”, correspondiéndose “1” con no tener ningún problema al apuntar y “5” con tener muchos. Los resultados expresados por los usuarios confirman los recogidos por el sistema, pues indican que el peor modelo es el de la muñeca con un 3.17 de media, después estaría el modelo del codo con un 2.17. El mejor modelo de control sería el que usa posición con un 1.82. Según estos datos el modelo del codo obtiene una buena puntuación, que se acerca mucho a la obtenida por el modelo ideal, el cual hace uso de la posición además de la orientación.

Uno de los datos recogidos más interesantes es la ordenación de los modelos según su precisión a la hora de apuntar. Siete usuarios escogen en primer lugar el modelo con posición, cinco el modelo del codo y ninguno el de la muñeca. Esto es algo bastante significativo ya que casi la mitad de los usuarios prefiere el modelo sin posición al que hace uso de ella y que es más realista.

3.6.2 Modelos para dos manos

a) Datos del sistema

En las figuras 17 y 18 pueden verse la media del número de fallos y los segundos que han empleado los usuarios en cada prueba. De

nuevo, existe una clara relación entre fallos y tiempo empleado. También influye la bondad del modelo ya que se tardará más o menos tiempo en apuntar correctamente a la diana. Por ejemplo, hay un pico de fallos en la prueba de distancia que repercute en otro pico de tiempo. Parte del aumento de tiempo empleado en las pruebas de acimut y mixta es debido a que el usuario tiene que girar 360 grados para alcanzar los objetivos y no tiene solo que apuntar, sino también moverse en el espacio.

Viendo los fallos y el tiempo queda patente el buen comportamiento del modelo de los codos, que consigue resultados muy buenos, claramente mejores que los del resto. El modelo de posición es el siguiente en eficacia y es significativamente mejor que el modelo de las muñecas, el que peor registros consigue.

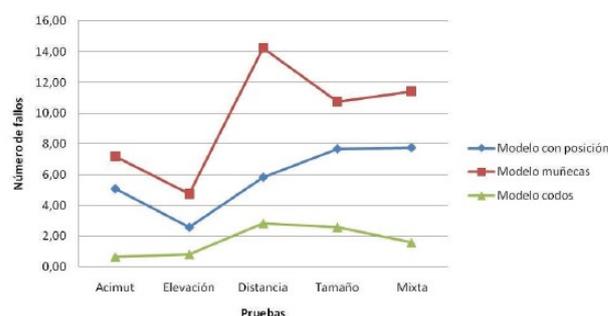


Figura 17. Media de fallos con los modelos para dos manos.

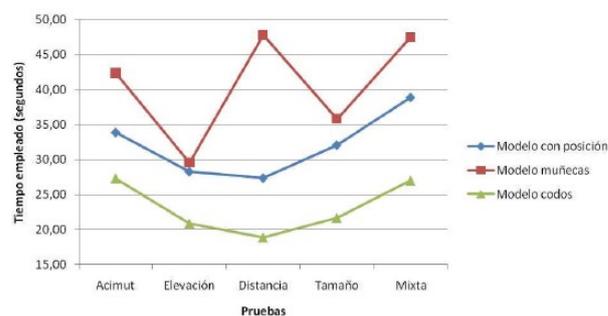


Figura 18. Media de tiempos con los modelos para dos manos.

b) Cuestionarios

Las opiniones recogidas en los cuestionarios indican que el modelo que más dificultades tiene para los usuarios es el de las muñecas con un 2.83 de media. Después se sitúa el modelo con orientación que tiene un resultado bastante bueno, un 1.58. El mejor parado es de nuevo el modelo para los codos que se sitúa muy cerca de la mejor puntuación posible con un 1.17. Es muy significativo que solo dos usuarios hayan puntuado este modelo con una nota peor que “1”, y que esta nota haya sido un “2”.

Según la ordenación de mayor a menor en función de la precisión a la hora de apuntar, puede extraerse de nuevo la misma conclusión. En este caso, diez usuarios han dado exactamente la misma ordenación, algo muy revelador. El modelo de los codos es el mejor considerado, seguido del modelo que usa posición además de orientación.

3.6.3 Resultados de cuestionarios de uso

En general, la actitud de los usuarios hacia el sistema ha sido muy buena. Inicialmente todos se han sorprendido por el realismo y la

fidelidad de sus movimientos en el juego. Tras las pruebas muchos usuarios tenían interés en saber más sobre el sistema.

3.7 Conclusiones del experimento

El objetivo de las pruebas era comparar un sistema que usase posición y orientación para apuntar frente a otro que careciese de los datos de posición. Como se ha comprobado, se consiguen resultados similares a los de posición con el modelo a una mano que mapea la orientación sobre el codo, e incluso mejores con el modelo para dos manos que mapea la orientación sobre los codos. Esto confirma la viabilidad de sustituir el modelo con posición por uno que solo use la orientación para funcionar.

Se ha observado que el modelo a dos manos que mapea la orientación sobre los codos, sin ser el más realista, consigue unos resultados estupendos, ya que realmente tal y como está diseñado termina facilitando la tarea de apuntar. Los usuarios se han mostrado muy receptivos a este modelo y se observó que disfrutaban más con él debido a su facilidad de uso. Les hacía tener menos fallos y les permitía apuntar con mayor rapidez.

Por su parte el peor modelo ha sido sin duda el que mapea los datos de orientación sobre las muñecas. Su posición fija dificulta demasiado la tarea de apuntar y no resulta nada realista. Sería un modelo que habría que desechar en favor del modelo de codos.

El modelo para una mano no ha tenido tan buenos resultados como el de dos manos. Esto se debe en parte a que la posición recreada no es fiel en muchos casos a la que han usado finalmente los usuarios. Estos solían jugar centrando más la pistola y no situándola a la derecha como se hace en el modelo.

Algo que también ha quedado patente al realizar las pruebas es la buena disposición que tienen los usuarios a estas nuevas formas de jugar. Tras las pruebas la mayoría de los usuarios quedaron sorprendidos y elogiaron el realismo y el grado de inmersión conseguidos. Incluso algunos de ellos preguntaron si existe algo similar a la venta para disfrutarlo en casa. En definitiva, los usuarios se sienten muy atraídos por esta tecnología.

Siguiendo la misma línea, la prueba que recrea un videojuego comercial ha sido con la que más han disfrutado los usuarios. Sin duda el reto de tener un tiempo límite y un contador de puntos ha incitado la competitividad. Casi todos querían mejorar su puntuación inicial cuando repetían la prueba, preguntando además por la puntuación final del resto de participantes para saber qué tal lo habían hecho. Esta respuesta por parte de los usuarios, deja clara la posibilidad de llevar un sistema similar al planteado en este trabajo al mercado de los videojuegos.

4. TRABAJO FUTURO

Aunque los resultados obtenidos han sido más que satisfactorios, se podrían realizar ciertas mejoras o añadidos. Por una parte, se podrían adaptar los modelos a las medidas físicas de cada usuario. El sistema recogería datos personales de los usuarios antes de comenzar, y así se podría elevar el punto de vista según la altura del usuario o realizar un ajuste de la posición relativa del arma teniendo en cuenta la longitud de su brazo. Por otra parte, se podría incluir la capacidad de desplazarse por el escenario de juego, pues en el sistema planteado el usuario permanece estático sin moverse del centro de la escena.

Por último, no debe olvidarse que en este experimento siempre se ha hecho uso de la orientación que capturaba el sistema iotracker, y que sustituir este sistema por esos otros dispositivos a los que se

ha hecho referencia, como giroscopios y acelerómetros, trae consigo otros problemas que aquí no han aparecido, como la acumulación de errores (deriva o *drift*). Por ello, queda como trabajo futuro crear un prototipo que haga uso de estos dispositivos, y repetir las pruebas con el mismo para corroborar las conclusiones aquí obtenidas.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo de los proyectos PEII09-0054-9581 y TIN2008-06596-C02-01. Los autores agradecen la colaboración de los participantes en el experimento.

6. REFERENCIAS

- [1] Arcadian Virtual Reality. URL: <http://www.arcadianvr.com>
- [2] Autodesk Maya. URL: <http://www.autodesk.es>
- [3] Asociación Interacción Persona-Ordenador, 2006. Código ético de la investigación en usabilidad e Interacción Persona-Ordenador para pruebas con usuarios. URL: <http://www.aipo.es>
- [4] Evans-Thirlwell, E. 2009. The History of First-Person Shooters. Video Games Daily. URL: <http://videogamesdaily.com/features/200910/feature-the-history-of-first-person-shooters>
- [5] Hammer, 2003. First Person Shooter: El renacimiento de un género. VicioJuegos. URL: <http://www.viciojuegos.com/reportaje/First-Person-Shooter-El-renacimiento-de-un-genero/16/1>
- [6] Iotracker. Advanced optical motion tracking. URL: <http://www.iotracker.com>
- [7] i-O Displays i-glasses. URL: <http://www.i-glassesstore.com>
- [8] Microsoft Kinect. URL: <http://www.xbox.com/es-es/kinect>
- [9] Nintendo Wii. URL: <http://www.nintendo.es>
- [10] Ogre3D, Object-Oriented Graphics Rendering Engine. URL: <http://www.ogre3d.org>
- [11] OIS: Object Oriented Input System. URL: <http://www.ogre3d.org/tikiwiki/OIS>
- [12] OpenAL: Open Audio Library. URL: <http://www.openal.org>
- [13] OpenAL SoundManager. Simple sound manager using OpenAL. URL: <http://www.ogre3d.org/tikiwiki/OpenAl+Soundmanager>
- [14] Sony Playstation Move. URL: <http://es.playstation.com/psmove>
- [15] Taylor II, R.M., Hudson, T.C., Seeger, A., Weber, H., Juliano, J., Helser, A.T. 2001. VRPN: A Device-Independent, Network-Transparent VR Peripheral System. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software & Technology* (Banff Centre, Canada, November 15-17, 2001). VRST '01.
- [16] Sion Tower Collisions. URL: <http://siondream.com/blog/proyectos/pfc/sion-tower/stc-sion-tower-collisions-v0-2>
- [17] Southern, R. Gorilla: 2D drawing engine for Ogre Print. URL: <http://www.ogre3d.org/tikiwiki/Gorilla>
- [18] WiiYourself! Native C++ Wiimote Library. URL: <http://wiiyourself.gl.tter.org/>

Generador de herramientas para laboratorio de interacción

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

En este artículo se presenta una solución que permite crear herramientas y prototipos para investigación en interacción y realidad virtual reduciendo el tiempo de desarrollo frente al diseño específico de aplicaciones. El sistema facilita la creación de entornos virtuales realistas y la interacción a través de periféricos de realidad virtual. Se compone de un diseñador que consigue modelar rápidamente aspectos generales (entorno, animación, navegación, etc.) y un kit de desarrollo software (SDK) que permite implementar comportamientos específicos. Se ofrecen ejemplos de aplicaciones que avalan la utilidad de este generador de herramientas.

Categorías y temas de interés

Interacción persona-máquina, Realidad Virtual.

Términos Generales

Algorithms, Design.

Keywords

Tracking, Sensores Inerciales, Realidad Virtual, Framework.

1. INTRODUCTION

En interacción, como en otras áreas, se emplean prototipos para minimizar tiempos de desarrollo y costes. Éstos se clasifican habitualmente en prototipos de baja y de alta fidelidad. Los primeros contemplan aspectos generales del sistema y no requieren la intervención de un experto para su desarrollo. Los prototipos de alta fidelidad requieren más recursos para su creación pero son completamente interactivos y consiguen comportamientos y apariencias próximas al sistema final [1]. Hoy en día es posible crear prototipos de alta fidelidad con las ventajas de los de baja fidelidad gracias a la aparición de herramientas software que agilizan los procesos de creación y diseño. El sistema presentado en este artículo y otros entornos tratados en la sección 2, son ejemplos de este tipo de herramientas.

El enfoque que siguen estas herramientas consiste en utilizar una aplicación que permita hacer parte del trabajo a través de un interfaz de usuario y una librería de programación para modelar los aspectos particulares de la herramienta o prototipo a diseñar. Entre las aplicaciones de este planteamiento, está el prototipado virtual. Éste consiste en la simulación por ordenador de un producto físico que se puede presentar, analizar y evaluar como si se tratase de un sistema real [2]. Con ello se reduce el número de prototipos físicos, disminuyendo así tiempos de desarrollo y costes. No es necesario que el prototipado virtual se presente con técnicas de realidad virtual pero su uso es muy recomendable ya que de este modo es posible explotar todo su potencial gracias a: Visualización estereoscópica, sonido 3D, técnicas de interacción y

manipulación avanzadas, etc. [3]. Además del prototipado, este tipo de herramientas, resultan útiles en otras áreas relacionadas con la interacción como el desarrollo de simuladores, interfaces de usuario avanzadas o instrumentación virtual.

En la sección 2 se muestra una relación de soluciones existentes. En la sección 3 se detallan las características del generador de herramientas propuesto. Las áreas de aplicación del generador así como ejemplos de herramientas desarrolladas, se presentan en la quinta sección. Finalmente se enuncian las conclusiones.

2. SOLUCIONES EXISTENTES

El número de aplicaciones similares al generador de herramientas que aquí se presenta es escaso. Existen motores para la creación de videojuegos como Crysis Engine (<http://mycryengine.com>) y Unreal Engine (<http://www.unrealengine.com/>) que consiguen altísimos niveles de realismo. Permiten desarrollar aplicaciones para varias plataformas (PC, Xbox 360 y Playstation 3) y se ofrecen en versiones profesionales ó gratuitas para uso no comercial. Ambos motores siguen el mismo esquema en el que se combina un diseñador de entornos virtuales con una librería de programación. Unity (<http://unity3d.com>) es otro motor gráfico multiplataforma que sigue el mismo planteamiento. También ofrece una versión profesional y otra gratuita para uso no comercial.

Las soluciones anteriores son creaciones de empresas. Existen motores gráficos de código abierto que también se utilizan para desarrollar videojuegos como Ogre3D (<http://www.ogre3d.org>) y Orde3D (<http://www.horde3d.org>). Este segundo motor, se distribuye con un diseñador de escenas virtuales.

La diferencia en cuanto a funcionalidad y calidad gráfica es notable a favor de los motores distribuidos por empresas frente a los proyectos de código abierto.

Estos motores pueden emplearse para desarrollar aplicaciones de interacción y realidad virtual aunque no estén diseñados para este fin. Sin embargo, aunque escasas, sí existen soluciones específicas para estas áreas. LinceoVR (<http://linceovr.seac02.it/>) ofrece software para crear aplicaciones de realidad aumentada y virtual. 3DVia Virtools (<http://www.virttools.com>) es otra solución comercial que sí da soporte directo para periféricos de realidad virtual.

Diego Martínez et al., presentan en [4] un entorno de trabajo para el diseño de técnicas de interacción que puede resultar muy útil si se combina con herramientas de creación de entornos virtuales interactivos, como la que se aborda en este artículo.

El generador de herramientas para interacción que se aborda en este artículo está compuesto por una aplicación de diseño denominada *Virtual Scene Designer* (VSD) y un SDK. Entre las

ventajas que tiene con respecto a las soluciones existentes se encuentra un modo sencillo y directo de operar con el interfaz, la libertad para utilizar el generador sin restricciones y el hecho de que se distribuye con elaborados ejemplos que son útiles de por sí en interacción y realidad virtual.

3. VIRTUAL SCENE DESIGNER Y SDK

El objetivo principal de VSD es diseñar entornos virtuales tridimensionales interactivos que funcionan en tiempo real. Implementa distintos modos de visualización estereoscópica con sonido 3D y da soporte para diversos periféricos como el sensor Kinect de Microsoft, el control remoto de la videoconsola Wii de Nintendo, varios tipos de sensores inerciales y cascos de realidad virtual. Por todo ello, la aplicación ha demostrado en el laboratorio su eficacia para la creación de herramientas para investigación en realidad virtual e interacción.

El interfaz de la aplicación se divide en varias áreas. Destaca la zona central en la que se ofrece una representación del entorno virtual que se está diseñando. Por otra parte, se denominan *objetos visuales*, a los elementos que componen la escena. Éstos se organizan en una jerarquía que aparece a la izquierda de la zona central. Bajo este árbol de la escena, aparece el repositorio de objetos visuales. Se trata de un almacén que permite compartir elementos de la escena que aparezcan en distintas partes de la jerarquía. Con ello se minimiza el tamaño de la escena y la cantidad de recursos necesarios.



Figura 1. Virtual Scene Designer.

En la parte derecha del interfaz principal aparecen las propiedades del elemento seleccionado actualmente. Es posible editar estas propiedades visualmente de modo que los cambios que se producen en la escena aparecen inmediatamente en el área de representación.

VSD dispone de navegadores que gestionan periféricos para permitir al usuario desplazarse por la escena de diferentes modos. Así por ejemplo es posible andar y volar usando el teclado, el ratón ó el control remoto de la consola Wii.

Otras características de VSD y su SDK son: Motores de partículas, reproducción y grabación de video, *billboards*, mapas de colisión, *motion blur* mediante buffer de acumulación, anclado de objetos al punto de vista, *multisampling* para mejorar la calidad de imagen, creación de relieves infinitos a partir de imágenes, generación de sombras planas, integración con cámaras web y Kinect y generación de trazas del punto de vista para pruebas con usuarios.

Los shaders son programas que se ejecutan en las tarjetas de vídeo en cientos de procesadores simultáneamente. Se usan habitualmente para renderizar imágenes en aplicaciones

interactivas. VSD ofrece un entorno de desarrollo para shaders GLSL que integra compilación, edición con texto enriquecido y generación automática de interfaz para ajuste de variables.

La Figura 2 muestra el esquema interno de VSD. Los periféricos soportados por la herramienta generan eventos de usuario que permiten iniciar animaciones que dan lugar a cambios en la escena 3D. Estas animaciones también pueden producirse periódicamente a través de la base de tiempos (timer). La escena 3D alimenta el renderizador. Éste se encarga de producir imágenes que se representarán en pantallas 2D, 3D o en cascos de realidad virtual. El renderizador también genera el audio que se podrá reproducir en sistemas de sonido envolvente.

Por otra parte los eventos de usuario se gestionan desde los distintos navegadores de VSD para producir cambios en el punto de vista de la escena. Esto permite al usuario desplazarse utilizando diferentes técnicas y dispositivos.

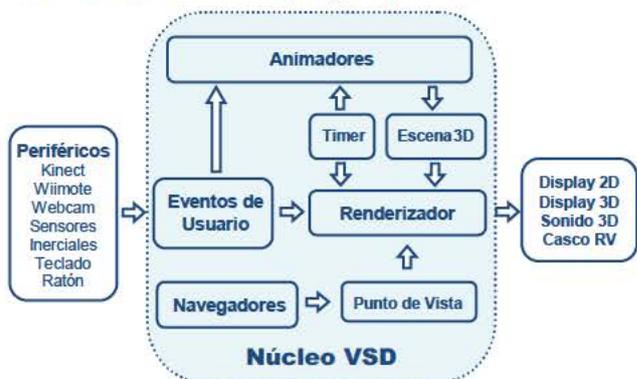


Figura 2. Núcleo funcional de VSD.

El funcionamiento descrito corresponde al núcleo funcional de VSD. Añadiendo a este núcleo el interfaz de usuario, se obtiene la aplicación final, VSD. Por otra parte, este núcleo también puede combinarse con la librería definida en el SDK de VSD (figura 3).



Figura 3. Elementos del generador de herramientas.

Este planteamiento resulta tremendamente versátil y eficiente. El motivo esencial de su éxito es la combinación de una aplicación de diseño que permite modelar aspectos generales rápidamente (entorno virtual, animaciones, gestión de periféricos, etc.) con un SDK que se utiliza para implementar únicamente los aspectos particulares que no se pueden abordar con VSD.

El SDK se ofrece como una librería de vínculos dinámicos que puede utilizarse desde varios lenguajes de programación como C++, Visual Basic, C#, etc.

Por el momento solo es posible utilizar el generador en plataformas Windows con tarjetas gráficas NVidia. Aunque se espera que esta restricción desaparezca en breve.

Con todo, el generador de herramientas, formado por la combinación entre VSD y su SDK, da lugar a aplicaciones específicas que resultan de gran interés para investigación en interacción tal y como se desprende de la siguiente sección.

4. ÁREAS DE APLICACIÓN

En esta sección se describen las áreas relacionadas con la investigación en las que se emplea con éxito el generador de herramientas. Las áreas se clasifican en categorías, dentro de cada una, se describen ejemplos que ilustran la utilidad del generador. Para cada aplicación, se indica el tiempo aproximado que se ha empleado en su desarrollo. Es necesario señalar que se trata de tiempos de desarrollo que ha dedicado un usuario experto y que para alcanzar este nivel de conocimiento del diseñador y del SDK pueden ser necesarios entre dos y tres meses. No se requieren conocimientos previos específicos para manejar la herramienta aunque resulta útil tener nociones básicas de diseño 3D.

4.1 Prototipado contextual

El prototipado contextual aborda el desarrollo de los prototipos tomando como base el contexto en el que se usará el sistema [1]. Utilizando hardware de realidad virtual y el generador de herramientas se ha creado un entorno inmersivo que recrea un hotel. Este hotel virtual se representa a tamaño natural en una pantalla estereoscópica de gran formato. Empleando VSD se ha modelado el hotel y un conjunto de animaciones domésticas que permiten abrir y cerrar puertas y ventanas, encender y apagar la televisión, cambiar de canal y ajustar el volumen, programar el climatizador, etc. (figura 4). El SDK de VSD se ha utilizado para desarrollar una aplicación específica que recibe comandos a través de la red para activar las aplicaciones. El tiempo de desarrollo de la parte del sistema relacionada con VSD y su SDK que puede necesitar una persona es un mes aproximadamente (160 horas).



Figura 4. Prototipado contextual con VSD y realidad virtual.

4.2 Simuladores

Utilizando varias características del VSD es posible crear un simulador de vuelo en menos de una hora. Una opción permite generar un relieve infinito a partir de mapa de altura (imagen en escala de grises) y un mapa RGB. Cargando el modelo 3D de un avión y anclándolo al punto de vista, aparecerá siempre en primer plano. Seleccionando el navegador adecuado es posible volar con el teclado o con el control remoto de la consola Wii (figura 5).

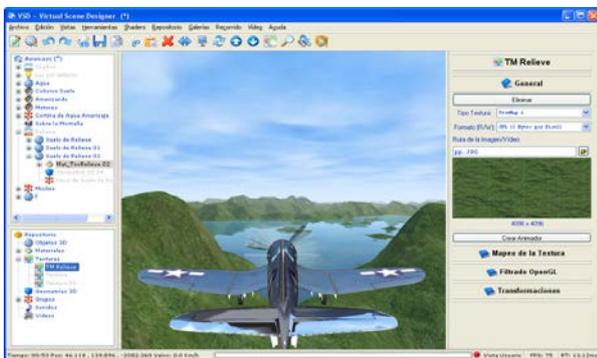


Figura 5. Simulador de vuelo desarrollado con VSD.

Controlando el punto de vista a través del SDK se ha conseguido pilotar el avión a través de un interfaz cerebro computador.

4.3 Interfaces de usuario avanzadas

4.3.1 Sistemas de captura de movimiento inerciales

VSD permite asociar sensores de orientación inerciales a objetos integrados en una jerarquía de transformaciones geométricas. Implementa además un mecanismo de inicialización global de los sensores que hace posible sincronizar fácilmente la postura del avatar y del usuario.

Además de trabajar con varios tipos de sensores, es posible adaptar la aplicación para trabajar con nuevos sensores implementando una librería de vínculos dinámicos con el formato especificado por el SDK de VSD. Con todo, es posible crear con VSD un sistema de captura de movimientos para los brazos (4 sensores) en menos de media hora (figura 6).

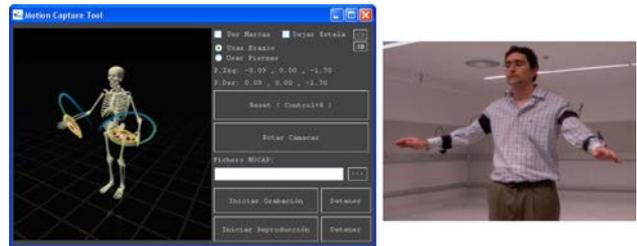


Figura 6. Aplicación de captura de movimientos.

4.3.2 Procesado de imagen en tiempo real

Con el generador de herramientas se pueden diseñar shaders para renderizar objetos 3D en tiempo real utilizando cientos de procesadores de la tarjeta de vídeo. Como caso particular es posible renderizar objetos 2D a los que se les aplica una textura. Este hecho permite realizar procesado de imágenes.

En VSD una textura puede ser una imagen fija, un vídeo, una cámara web RGB, la imagen de profundidad del sensor Kinect e incluso una imagen captada por una cámara virtual dentro del entorno 3D. Así, el procesado de imagen es tremendamente versátil permitiendo incluso encadenar etapas.

De este planteamiento se derivan varias aplicaciones que se han desarrollado en el laboratorio. Se utiliza el procesado de imagen para extraer imágenes de un fondo croma en tiempo real. Se utiliza junto con el sensor Kinect para detectar las posiciones de los dedos de la mano dando lugar a una herramienta muy útil para interacción gestual [5]. También se procesa vídeo en vivo para darle la apariencia de un dibujo animado con el fin de crear interacción entre el usuario y un pseudo avatar virtual en entornos inmersivos (figura 7).



Figura 7. Procesado de imagen con shaders y VSD.

El tiempo de desarrollo de la aplicación para fondo croma en tiempo real a partir de un vídeo está por debajo de una hora. Tras la herramienta que detecta los dedos a partir del sensor Kinect, hay un largo proceso de investigación que se prolonga durante meses en el que sin duda VSD ha resultado de gran utilidad. La aplicación de generación de dibujo animado a partir de vídeo se desarrolla en menos de 15 horas con el generador de herramientas.

4.3.3 Realidad virtual y navegación natural

La navegación natural es una técnica que permite a los usuarios desplazarse por entornos virtuales inmersivos del mismo modo que lo hacen en el mundo real, esto es, andando físicamente.

El generador de herramientas ha resultado de gran utilidad en el desarrollo de un sistema de realidad virtual con navegación natural [6]. Ha permitido desarrollar los algoritmos mediante el uso de la herramienta de análisis y monitorización de señales (apartado 4.4.1) y ha permitido crear escenarios virtuales que se adaptan a las necesidades del sistema ofreciendo la posibilidad de usar cascos de realidad virtual con visión estereoscópica y sonido 3D. Han sido necesarios aproximadamente tres meses (500 horas) para crear el sistema y los entornos virtuales (figura 8).



Figura 8. Sistema de Realidad Virtual con navegación natural.

4.4 Instrumentación virtual

4.4.1 Análisis y monitorización de señales

El sistema de realidad virtual con navegación natural presentado en el apartado anterior utiliza sensores inerciales para calcular la trayectoria del usuario. Los algoritmos desarrollados para conseguirlo se diseñan a partir de una aplicación creada con el SDK del VSD que permite representar hasta 27 señales diferentes tanto en tiempo real como en diferido. Tiene un modo de ejecución paso a paso que hace posible ver cómo evoluciona el sistema muestra a muestra. También permite aplicar operaciones aritméticas a varias señales así como hacer promedios y convoluciones. Ofrece un modo de funcionamiento para mostrar vectores 3D sobre una representación virtual de los pies del usuario. La aplicación puede adaptarse fácilmente a cualquier sensor inercial mediante el mecanismo genérico descrito anteriormente. Adicionalmente se incluye un módulo de navegación con la implementación del algoritmo de seguimiento del usuario que representa fielmente la trayectoria que éste describe al andar. Excluyendo el módulo de navegación, se emplean aproximadamente tres semanas (120 horas) en crear esta aplicación (figura 9).

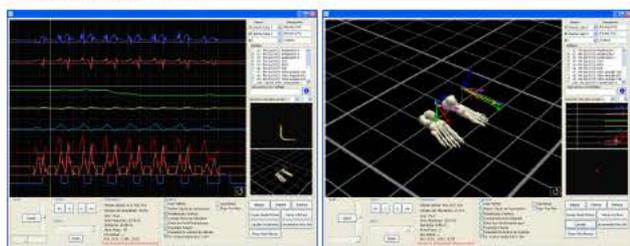


Figura 9. Analizador de señales para sensores inerciales.

4.4.2 Análisis de trazas del punto de vista

Esta herramienta se desarrolla para facilitar la extracción de conclusiones tras pruebas con usuarios en entornos virtuales inmersivos. A partir de ficheros de trazas permite representar y

comparar las trayectorias que siguen los usuarios durante la experiencia virtual. Es posible animar los movimientos de varios usuarios simultáneamente mediante avatares en los que se distingue el movimiento de la cabeza respecto al del cuerpo. Otro de los modos de animación permite reproducir con total exactitud lo que vio el usuario seleccionado durante la experiencia. Una semana (40 horas) es el tiempo aproximado que se invirtió en desarrollar esta herramienta mediante VSD y su SDK (figura 10).



Figura 10. Analizador de trazas del punto de vista.

5. CONCLUSIONES

De la experiencia en el laboratorio se puede concluir que el generador de herramientas presentado resulta muy eficiente y adecuado para el desarrollo de prototipos y aplicaciones para investigación en interacción y realidad virtual. Para apoyar esta afirmación se han descrito ejemplos de herramientas desarrolladas en áreas tales como el prototipado contextual, el diseño de simuladores, interfaces de usuario avanzadas e instrumentación virtual. Más allá de su valor como ejemplo, estas herramientas tienen utilidad en sí mismas y por ello se ponen a disposición de la comunidad en la página web del proyecto (<http://www.diana.uma.es/orion>).

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Junta de Andalucía y por el proyecto CENIT *España Virtual* liderado por *Eleonor Deimos* dentro del programa *Ingenio 2010*.

7. REFERENCIAS

- [1] Granollers, T., Lorés, J. and Canás, J.J. 2005 Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario Editorial UOC.
- [2] Karwowski, W. Marcelo. Soares, M, and Neville A. Stanton, N.A 2011 Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques. CRC Press 2011.
- [3] Wang, G.G. 2002. Definition and review of virtual prototyping. *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 2, 3 (2002) 232–241.
- [4] Martínez, D., Lawson, L., Molina, J., García, A., González, P. et al. 2011. A Framework to Develop VR Interaction Techniques Based on OpenInterface and AFreeCA. *LNCIS, 2011, Volume 6948, Human-Computer Interaction*. 1-18.
- [5] Villanueva, J., Díaz-Estrella, A., de la Rubia, E. and Arrebola, F. 2012. Finger detection using Kinect. In *Proceedings of LADIS CGVCVIP 2012 Conference* (Lisbon, Portugal, July 2012).
- [6] De la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2012. A forward step in virtual reality. In *Proceedings of LADIS CGVCVIP 2012 Conference* (Lisbon, Portugal, July 2012).

A VRPN server for haptic devices using OpenHaptics 3.0

María Cuevas-
Rodríguez

University of Malaga
Dept. Electronic Tech.
ETSI Telecomunicación,
Campus de Teatinos s/n
29071, Málaga, SPAIN

+34 952 137 180

mariacuevas@uma.es

Matthieu Poyade

University of Malaga
Dept. Electronic Tech.
ETSI Telecomunicación,
Campus de Teatinos s/n
29071, Málaga, SPAIN

+34 952 137 180

matthieu.poyade
@uma.es

Arcadio Reyes-
Lecuona

University of Malaga
Dept. Electronic Tech.
ETSI Telecomunicación,
Campus de Teatinos s/n
29071, Málaga, SPAIN

+34 952 132 755

areyes@uma.es

Luis Molina-Tanco

University of Malaga
Dept. Electronic Tech.
ETSI Telecomunicación,
Campus de Teatinos s/n
29071, Málaga, SPAIN

+34 952 132 174

lmtanco@uma.es

ABSTRACT

This paper presents an implementation based on the Virtual Reality Peripheral Network (VRPN 7.18) to handle connectivity between Virtual Reality (VR) applications and SensAble Technology Phantom Haptic Devices using the OpenHaptics 3.0 Haptic Library Application Programmable Interface (HLAPI).

VRPN offers a client-server based architecture to support network transparent connectivity between VR applications and a set of physical interaction devices. VRPN suggests a set of classes to handle various physical devices types. Originally, the haptic rendering was supported by the obsolete GHOST API, provided by SensAble Technologies, within a specific VRPN class dedicated to Phantom devices.

The proposed implementation consists of a) new classes that support haptic device server and VR applications connectivity, allow to specify arbitrary 3D object information to haptically render geometries and report applied force, angle at contact point, Surface Contact Point (SCP) and Depth of Penetration (DOP); and b) an upgrade of the Phantom dedicated VRPN class to handle haptic rendering using OpenHaptics HLAPI functionalities to manage device state and forces calculation. Moreover, the integration of the HLAPI implementation in VRPN remains respectful to VRPN inheritance and architecture standards: Tracker and Button classes remain unchanged.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – haptic I/O.

General Terms

Human Factors.

Keywords

VRPN, haptic device, Phantom, OpenHaptics.

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 '12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

1. INTRODUCTION

During the last decade, Virtual reality (VR) applications have included a wide variety of 3D interaction techniques and devices. Among them, haptic devices are very important as they have allowed a wider multimodality going beyond the traditional visual and auditory stimuli. In addition, haptic devices are bidirectional, and allow a more natural interaction closing the perceptual-motor loop between the user and the virtual environment [4]. For these reasons, a lot of applications can benefit from using haptic devices to enhance interaction. Specifically, training applications focused in motor skill training need haptic interaction devices in order to be valid.

Haptic rendering is, however, very demanding in terms of computing power. Hence, for many applications a dedicated computer is required in order to provide realistic enough force feedback. This leads to the problem of connecting the computer or computers where the graphical rendering is being performed and the computer managing the haptic rendering [5]. Moreover, nowadays several manufacturers produce haptic devices and a wide variety of programming interfaces have to be used to program the haptic functionalities. So, a standard way of efficiently accessing to any haptic device through a local network connection would make easier to use these devices in a wider range of applications.

We have had to tackle these issues in the ManuVAR project. One of the goals of this project is to provide a flexible platform where different technological elements and methodologies could be connected in a modular way. Therefore, we needed some mechanism for connecting haptic devices with a device-independent and network-transparent interface.

Exactly for these purposes, the Virtual Reality Peripheral Network (VRPN) was developed ten years ago [7]. VRPN is an open source package, which provides a network architecture for connecting different interaction devices to a VR application. It has become a de facto standard for motion capture systems but it is not very popular for other devices. In its distribution, VRPN implements a simple Force Feedback device for Sensable products, with very limited functionality.

This paper reports a new implementation of a VRPN force device

interface for Sensable devices using OpenHaptics 3.0 Application Programmable Interface (API) [1], updating and extending the functionalities existing in the current VRPN distribution. The remaining of the paper is organized as follows: section 2 gives a short overview of VRPN, section 3 presents the main features of our proposed implementation, section 4 briefly presents an application where it is being tested and, finally, section 5 summarizes giving some conclusions of this work.

2. TECHNICAL BACKGROUND

Haptic technology in VR offers a 3D multimodal real-time sensory motor interaction paradigm that feedbacks force sensory information, leading to improve task performance and enhance the way users interact within VEs [4].

Sensable Technologies is a developer of force feedback haptic interfaces and haptic rendering solutions that supplies the Phantom haptic devices [6]; haptic devices shaped as stylus interactuators are able to deliver force feedback and high degrees of maneuverability within VEs.

Sensable Technologies provides also a C++ software developer's toolkit to support haptic rendering for integration of the haptic interaction paradigm in VEs. General Haptic Open Software Toolkit (GHOST) is the obsolete API for Phantom devices and currently replaced by the OpenHaptics Toolkit, an Open GL-based library. OpenHaptics 3.0 toolkit presents a three-layer architecture: Haptic Device API (HDAPI), High Level API (HLAPI) and the micro QuickHaptics API. HLAPI is a high level API able to haptically render geometries stored into OpenGL's specific buffers. It offers several commands to set custom force effects (stiffness, damping, friction, dynamic friction, viscosity...) and handle threads management to support haptic rendering. The client thread (~30 Hz) supports graphical rendering. The collision thread (~100 Hz) supports collision detection. The servo thread (~1000 Hz) handles the position and orientation of the haptic device and calculates forces.

The combination of computer graphics engine and force feedback haptic rendering engine into one system results in a lengthy computation. Previous discussions [5] have emphasized on the need of decoupling graphics and haptics rendering loops. VRPN suggests a network topology-based architecture to handle connectivity between VR applications and physical interaction devices. VRPN provides a set of canonical classes defining several generic interface types. Each canonical class derives into a client class called as interface type remote class and a server class called as interface type server class. Both specify methods to be called from remote client and interface server. Devices are mapped into one or several interface types depending on the information reported. Generic interface types consist basically of Tracker, Button, Analog, Dial and Force devices. In overall, a purely physical device dedicated class that inherits from one or several interface server types supports the device rendering. Standard distribution of VRPN 7.18 that supports connectivity with Phantom devices, refers to canonical classes `vrpn_Tracker`, `vrpn_Button` and `vrpn_ForceDevice` [7] respectively related to interfaces types: Tracker that reports device position, orientation, velocity and acceleration; Button that reports device buttons state and Force Device that handles haptic parameters specifications and reports applied force and Surface Contact Point (SCP). Haptic rendering is ensured by GHOST API within the

`vrpn_Phantom` class that inherits from Tracker server, Button server and Force Device server dedicated classes.

3. IMPLEMENTATION

3.1 Classes Implementation

The proposed implementation consists of an upgraded `vrpn_ForceDevice` class that supports haptic device server and VR remote client applications connectivity, allows to specify arbitrary 3D objects information to haptically render geometries and reports applied force, angle at contact point, SCP and Depth of Penetration (DOP) as shown in Figure 1; and a new `vrpn_Phantom` class that implements OpenHaptics HLAPI functionalities to manage device states and haptically render force effect models to provide force feedback. `vrpn_Phantom` class inherits from tracker, button and force device server classes as shown in Figure 2.

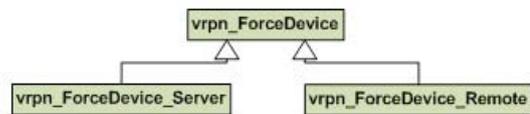


Figure 1: VRPN class hierarchy for Force Device classes.

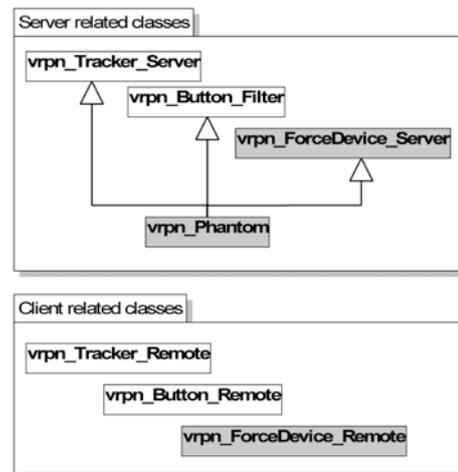


Figure 2: Modifications to the VRPN

vrpn_ForceDevice. `vrpn_ForceDevice` class basically manages message type declaration and message encoding and decoding. The upgraded `vrpn_ForceDevice` class contains newer message types, encoding and decoding functions related to implemented methods described in Table 1 and Table 2 to respectively support connectivity to remote client and device server.

vrpn_ForceDevice_Remote. This class provides a set of new methods (Table 1) for the client application. These methods enable sending haptic parameters, defined in the client application, to be integrated with haptic rendering on the server side. Furthermore, `vrpn_ForceDevice_Remote` class implements a set of callback functions to receive haptic information messages from

the server.

vrpn_ForceDevice_Server. This class handles a set of callbacks to receive haptic parameter definition messages.

vrpn_Phantom. The new vrpn_Phantom class has direct communication with the device using the OpenHaptics HLAPI. This class organizes within a set of structures, the received haptic parameters inherited from the vrpn_ForceDevice_Server class. vrpn_Phantom performs the haptic rendering providing force feedback to user through the phantom device. Moreover, vrpn_Phantom class provides force feedback data to the remote client application when any change happens (Figure 3). To do so, a set of methods has been implemented as detailed in Table 2.

sendForce	Send the applied force
sendDOP	Send the Depth Of Penetration
sendSCP	Send the Surface Contact Point
sendsTouching	Indicate if it is touching an object
sendTouchedObject	Send the identified of the object that this is touching
sendAngle	Send the angle at contact point

Table 2: Send methods within the new vrpn_Phantom interface

New methods	Description
setObjectNumber	Set the number of objects to render
setVertex	Set the vertex of an object
setTransformMatrix	Set the transformation matrix for each object, the matrix provides data on the orientation, position and scale of the object
setEffect	Set the environmental effects to render. HLAPI provides 4 effects: Constant Force, Spring, Viscosity and Friction. For each one must be specified: the gain, the magnitude, the frequency, the duration, the position and the direction.
startEffect	Indicate that the effect should begin
stopEffect	Indicate that the effect should finish
setHapticProperty	Set the haptic properties of an object: stiffness, damping, static and dynamic friction, popthrough and mass
setEnvParameters	Set the force effects which are used to generate ambient sensations: gravity and inertia
setTouchableFace	Set the face of the object that will be haptically rendering: front, back or both. This feature is the same for all objects
setWorkspace	Set the work space, the space where the device is going to interact with the VE

Table 1: New methods added to vrpn_ForceDevice_Remote interface

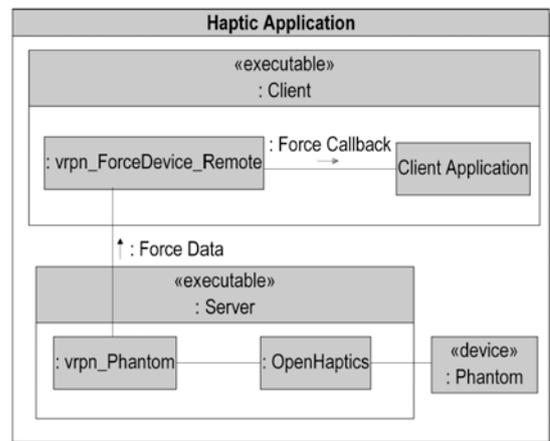


Figure 3: The force feedback changes are sent from the Phantom Device to the Client Application through callback invocation

3.2 Client-Server communication

Decoupling graphical and haptic rendering enables parting the asynchronous execution of both systems. The client application creates a vrpn connection to haptic server and then sets and sends haptic scene properties to force device server (See sequence diagram in Figure 4), by first recovering geometry-based information from graphics dedicated buffers using setObjectNumber, setVertex, setTransformMatrix methods detailed in Table 1, and secondly by defining haptic effects and force model parameters using the methods setEffect, setHapticProperties, setEnvParameters, setTouchableFace and setWorkspace. The client application commands to start force effects, haptic rendering loop and declares a set of callback functions to enable receiving phantom-based information from the server.

Send methods	Description
--------------	-------------

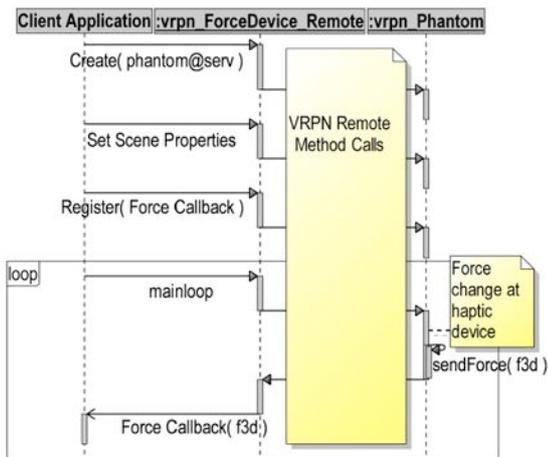


Figure 4: Client-Server communication between Client Application and Haptic Device

During user interaction within VEs, using the Phantom Device, the client application receives Phantom-based information attached to tracker, button and force device interfaces servers. The force-based information is supported by the methods defined in Table 2.

4. APPLICATION

This implementation has been successfully tested in an industrial case within the framework of ManuVAR project [2]. This case consists in the development of a training simulator for performing metallographic replicas (Figure 5). The metallographic replica is a nondestructive inspection technique which requires to follow some steps including a careful polishing of the surface where the replica is going to be taken. Within ManuVAR, a distributed platform has been developed where the connection of any interaction device is location transparent.

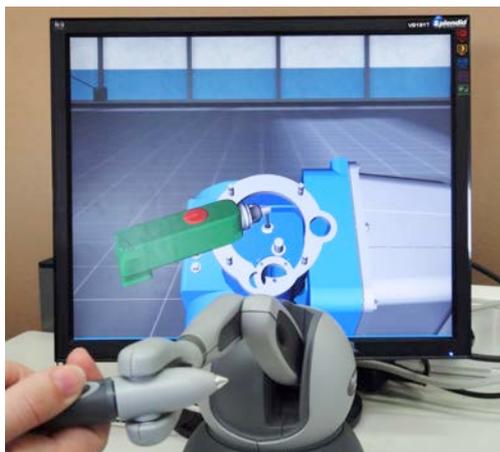


Figure 5: Application case using the Phantom-based VRPN server

The proposed implementation using VRPN has also been successfully used in an experiment to determine which feedback is most appropriate in that training tool.

An experimental study carried out at the University of Nottingham investigated the design of augmented feedback for improving virtual reality haptic training in the performance of a complex inspection task in a real manufacturing case study, and a paper is under preparation.

5. CONCLUSION

In this paper a new VRPN implementation of force feedback devices for Sensable haptic devices is presented. The work has been developed within the ManuVAR project, where a modular, flexible and location transparent architecture required a distributed connection of VR devices. This new implementation includes some features, not present in the current distributions of VRPN, which have been presented here.

As mentioned before, the proposed haptic server has been implemented using VRPN 7.18, which, at the present date, has been updated. Version 7.18 has been maintained in order to warranty stability with third party software, but we propose, as future work, to update the presented haptic server to the last VRPN distribution.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The above mentioned research has received funding from the European Commission's Seventh Framework Program FP7/2007-2013 under grant agreement 211548 "ManuVAR".

7. REFERENCES

- [1] Itkowitz B., Handley J., Zhu W.: The OpenHaptics Toolkit: A Library for Adding 3D Touch Navigation and Haptic to Graphics Applications.
- [2] Krassi B., D'Cruz M., Vink P.: ManuVAR: A Framework for Improving Manual Work Through Virtual an Augmented Reality. In *Proceedings of the AHFE 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (2010), AHFE*.
- [3] Mac Lean K., Hayward V.: Do it yourself haptics: Part ii [tutorial]. *Robotics & Automation Magazine*, IEEE 15, 1 (2008), 104–119.
- [4] Mark W., Randolph S., Finch M., Vanverth J., Taylor I., Russell M.: Adding force feedback to graphics systems: Issues and solutions. In *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques (1996)*, ACM, pp. 447–452.
- [5] Massie T., S Alisbury J.: The phantom haptic interface: A device for probing virtual objects. In *Proceedings of the ASME winter annual meeting, symposium on haptic interfaces for virtual environment and teleoperator systems (1994)*, vol. 55, pp. 295–300.
- [6] Taylor I., Russell M., Hudson T., Seeger A., Weber H., Juliano J., Helser A.: VRPN: a device-independent, network-transparent VR peripheral system. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology (2001)*, ACM, pp. 55–61.

De la realidad aumentada a la realidad mixta: opciones tecnológicas

Hector Olmedo
Universidad de Valladolid
holmedor@gmail.com

Jorge Augusto
Universidad Rey Juan Carlos
jorgeaug@gmail.com

ABSTRACT

El objetivo de este artículo es presentar un punto de partida a todo aquel que se plantea desarrollar aplicaciones basadas en Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM) de manera que fácilmente pueda ver una fotografía general de las tecnologías que actualmente se pueden utilizar. Se presentarán los elementos necesarios para el desarrollo de RA y RM de una forma objetiva y tras presentar las aplicaciones más comunmente desarrolladas, terminaremos con unas conclusiones subjetivas.

Keywords

RA, RM, Tracking, Geolocalización, Visualización

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de RA involucra la combinación de distintas tecnologías encaminada a mezclar en tiempo real contenido generado por ordenador en 3D con el vídeo en directo recogido por un dispositivo [34]. La RM estaría a medio camino entre la RA y la Realidad Virtual, contemplando los distintos niveles de mezcla entre el mundo real y el virtual, integrada en un único dispositivo de visualización, en función del peso de su contribución respectiva al resultado final [42]. Es en el marco de la RM, por tanto, donde tienen sentido técnicas como el empleo de objetos físicos del entorno inmediato del usuario como elementos de interacción con el entorno virtual. El potencial de la RA y la RM para desarrollar aplicaciones no se ha explorado aún totalmente y se ha hecho lentamente debido a que exige dispositivos específicos. Pero a día de hoy los datos recogidos por una cámara, un GPS y un ordenador medianamente potente pueden obtenerse con un smartphone de tamaño medio. Incluso ya se están realizando proyectos más propios de "wearable computing" como Google Glass [12]. En este artículo introduciremos las tecnologías implicadas, presentaremos las herramientas software (SW) y hardware (HW) más populares y repasaremos las aplicaciones más comunes ilustrándolas con algunos proyectos, para finalmente exponer nuestras conclusiones.

2. TECNOLOGÍAS

Para dar una visión global de la combinación de tecnologías que soportan la RA y la RM y basándonos en [36], a continuación se enumeran y detallan las más habituales.

2.1 Visión artificial

La visión artificial tiene un gran potencial porque puede aprovechar las características visuales que se presentan de

manera natural al ser registradas con una cámara, no requiere modificar el entorno y no tiene las limitaciones de los sensores magnéticos, mecánicos o de ultrasonidos. Además es la única tecnología que puede asegurar una alineación entre el mundo real y el virtual con una precisión del orden de *píxeles* ya que se basa precisamente en éstos [41]. En los desarrollos realizados hasta ahora en el ámbito que nos ocupa, se han utilizado dos técnicas: basadas en marcadores y sin marcadores.

- **Marcadores o *Markers*:** son patrones que proveen a los sistemas de RA/RM puntos de referencia fáciles de reconocer. El hecho de usar un marcador de pautas impreso no es algo muy revolucionario y rompe con la idea de "no modificar el entorno" pero ha resultado ser la forma más rápida de poner en marcha muchos proyectos como por ejemplo AR Tennis [37].
- **Sistemas sin marcadores:** son capaces de crear entornos que referencian otras características reconocibles de la salida de vídeo tales como patrones faciales u otros objetos sin necesidad de usar marcadores impresos. Los algoritmos de reconocimiento serán más complejos en este caso.

2.2 Seguimiento y Geolocalización

Los sistemas basados en geolocalización han ganado gran popularidad gracias a los *smartphones*. Utilizan una combinación de los datos obtenidos a través del GPS del dispositivo y otros datos de seguimiento de localización junto con los datos que enviados por el magnetómetro y el acelerómetro del dispositivo para determinar donde se encuentra éste y a qué dirección apunta. Gracias a esta información se pueden superponer etiquetas y anotaciones en la escena [43].

2.3 Visualización

Puesto que al final bien sea un mundo real con más información el que se muestre al usuario o usuarios (RA) o si lo que se va a mostrar es una nueva realidad basada en el mundo real (RM), se necesitan distintos dispositivos para ello. Actualmente se puede hacer la siguiente agrupación de dispositivos de visualización:

- **Basados en proyectores:** Indicados para grupos de usuarios que comparten el entorno donde se ejecuta la aplicación RA/RM.
- **Montados en la cabeza o *Head-mounted displays*:** Indicados para usuarios individuales consiguiendo así más eficazmente la sensación de inmersión.

- Integrados u *Onboard*: Ejemplos de éstos son los dispositivos incrustados en los salpicaderos de los coches.
- Basados en navegador o *Browser-based*: Todas aquellas aplicaciones que se ejecutan en smartphones, tablets u ordenadores que permiten superponer imágenes sintéticas o controles de usuario sobre la imagen real captada por la imagen del dispositivo.

Además de los dispositivos de visualización, tienen gran importancia los motores gráficos utilizados para animar las imágenes artificiales que "aumentan" la realidad tales como JMonkeyEngine [14], así como los que construyen nuevas realidades como Open Wonderland [23].

Todas estas tecnologías, añadidas a la interacción gráfica clásica basada en teclado y ratón, incorporan nuevo métodos de interacción con los mundos de RA/RM desarrollados. A continuación se presentan algunas herramientas que pueden servir para construir aplicaciones de RA/RM. En primer lugar se enumeran las plataformas HW más habituales para albergar proyectos de RA/RM y después se describen varias propuestas para el desarrollo de SW sobre las plataformas presentadas.

3. HARDWARE

Los sistemas HW más habituales en RA/RM se van a clasificar en placas con microprocesador, consolas de videojuegos, smartphones y ordenadores de sobremesa o portátiles.

3.1 Placas con microprocesador

Son elementos HW asequibles en precio y programables. Se destacan las plataformas Arduino y Gainer.

1. Arduino [3]: Plataforma de HW libre pensada para que diseñadores, artistas, investigadores, estudiantes o aficionados dispongan de una herramienta HW asequible para la creación de objetos (y por ende, entornos) interactivos. Está diseñada para animar a novatos y expertos crear sistemas para compartir ideas, conocimiento y experiencias colectivas tanto a través de prototipos como de trabajos profesionales. Ejemplo de ello es el proyecto IncreTable [40]. Físicamente consiste en una placa con un microcontrolador de bajo coste y puertos de entrada/salida que se pueden montar a mano o adquirirse ya ensambladas. Facilita el uso de la electrónica y el desarrollo de HW convirtiéndola en un elemento ideal para contribuir en el desarrollo de proyectos de RA/RM evitando adquirir HW comercial cerrado. A partir de un SW de programación y un entorno de desarrollo específicos (basados respectivamente en Wiring [33] y Processing) es posible escribir SW para controlar dispositivos conectados a un amplio rango de placas de microcontroladores para crear todo tipo de código, objetos interactivos y espacios o experiencias físicas. Además de poder desarrollar objetos interactivos autónomos, puede ser conectado a SW del ordenador (Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data).
2. Gainer: Similar al anterior, Gainer [10] es un entorno para interfaces de usuario e instalaciones de medios. Consta de un microcontrolador, puerto USB, LEDs y distintos componentes sensores y actuadores que el usuario puede manejar desde un PC en varios entornos de programación tales como Flash, Max/MSP, Processing, etc. Se puede adquirir ensamblado con varias

configuraciones a las que se le pueden añadir nuevos elementos.

3.2 Consolas de videojuegos

Los videojuegos han evolucionado no sólo en cuanto a gráficos, también los interfaces de usuario han pasado del popular joystick a nuevos elementos, ejemplos de ello son las tres consolas de videojuegos más populares actualmente y que sirven como plataformas de desarrollo de nuevas aplicaciones de RA/RM.

1. Nintendo Wii [20]: fue la primera consola que sustituyó los tradicionales joystick o gamepads por elementos que detectaban el movimiento del jugador. A pesar de no existir SDK oficial de su fabricante, en Internet aparecieron varios desarrollos independientes [39] que hacían que el mando Wii remote fuera un periférico ideal para interactuar con aplicaciones RA/RM.
2. Microsoft Kinect [18]: fue la respuesta a la propuesta anterior por parte de Microsoft. Desarrollado para la videoconsola Xbox 360 inicialmente, desde junio del 2011 Microsoft ofrece un SDK para PC a través de Windows 7 y anuncia una nueva versión del HW para PC. No obstante, existen otros SDKs no oficiales en la red como Open NI [22] u Openkinect [24]. Microsoft Kinect permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional, mediante una interfaz natural de usuario que reconoce gestos, comandos de voz, y objetos e imágenes.
3. SONY PS3 Move: El otro grande del entretenimiento, tras el fracaso comercial de su cámara Eyetoy para la consola PlayStation 2, desarrolló el sistema SONY PS3 Move. Éste es un sistema de control de videojuegos mediante sensores de movimiento para la consola PlayStation 3. Usa un mando principal con sensores de movimiento y una esfera en su extremo que se ilumina y la cámara PlayStation Eye, que se encarga de detectar la posición del mando principal. SONY ofrece un SDK para desarrolladores en su página web [30].

3.3 Smartphones y Tablets

Como se ha comentado, el reconocimiento por visión artificial, el seguimiento a través de acelerómetro, la geolocalización y la visualización gráfica son las tecnologías que sustentan la RA/RM. Los smartphones actuales poseen cámara, acelerómetro, GPS y pantallas de apreciable resolución junto a un procesador cada vez más potente. Todo esto junto a su reducido tamaño que facilita su transporte y aumenta el ámbito de monitorización de la realidad, los convierte en plataformas perfectas para las aplicaciones objeto de estudio. Actualmente existe una clasificación clara en base al sistema operativo de estos dispositivos:

1. iOS: El lanzamiento de iPhone, iPad e iPod touch por parte de Apple ha provocado que el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo iOS haya explotado. También las aplicaciones basadas en RA/RM han encontrado en éste una plataforma perfecta.
2. Android: Desde que Google introdujo su sistema operativo para móviles que ya está disponible en dispositivos de múltiples fabricantes, el desarrollo de aplicaciones para Android rivaliza con el anterior.

3. Symbian: Fue la propuesta de NOKIA para permitir a desarrolladores que generasen aplicaciones para sus smartphones pero ha resultado ser un fracaso. No obstante, existen desarrolladores que han apostado por este sistema operativo para albergar sus aplicaciones de RA/RM.
4. Windows Phone: Microsoft, viendo que quedaba retrasada en este ámbito y aprovechando el fracaso del sistema operativo desarrollado por NOKIA y tratando de unificar el aspecto de su popular Windows, ha generado un entorno de desarrollo que permite desarrollar aplicaciones Metro que a futuro rivalizarán con las de iOS y Android.
5. Blackberry: La quinta en discordia, con su propio sistema operativo instalado en sus populares smartphones con teclado físico y su tablet Playbook, ha sido otro de los objetivos de desarrolladores de RA/RM.

3.4 Ordenadores y portátiles

A pesar de haber quedado aparentemente relegados por los smartphones y Tablets como plataformas de aplicaciones de RA/RM, en un principio los ordenadores de sobremesa y portátiles con los sistemas operativos más populares (Windows, Mac OS, Linux) fueron el objetivo de los desarrolladores de aplicaciones RA/RM. Ejemplos de ello son las aplicaciones desarrolladas por revistas impresas que incluían marcadores en sus páginas que tras descargar pequeños desarrollos en el ordenador permitían ver una RA generada al visualizar el marcador con la webcam. La revista Esquire fue pionera en esto [8].

4. SOFTWARE

Vistas las posibilidades HW de que se disponen, repasaremos algunas opciones SW que permitan desarrollar aplicaciones de RA/RM sobre los dispositivos revisados.

- Processing [25]: es un SW de código abierto que proporciona un entorno de desarrollo para crear imágenes, animaciones e interacción. Usa Java como lenguaje de programación y es multiplataforma. Permite trabajar con marcadores e incluye librerías para interactuar con el mundo real vía conexión de red, con dispositivos HW genéricos vía puerto serie o incluso de manera específica con placas Arduino [3].
- ARToolkit [4]: provee un marco para crear aplicaciones RA en tiempo real y usa C/C++ como lenguaje de programación sobre varias plataformas aunque también tiene soporte para lenguajes como Java o Matlab. Es de código abierto y en 2009 FLARtoolkit (ARToolkit+Flash) revolucionó el desarrollo de aplicaciones RA [9]. Existen otros derivados similares como SLARToolkit [29] que da soporte para Silverlight y Windows Phone.
- DART [6]: herramienta de autor multiplataforma basada en Adobe Director que usa marcadores para las aplicaciones RA generadas.
- PTAM [26]: sistema de seguimiento de cámara para RA desarrollado en C/C++ y que puede ser compilado en varias plataformas.

Tabla 1: Herramientas para desarrollo de RA/RM

SDK/Tool	Lenguaje	Hardware
BuildAR	-	Mac OS/ Windows
Metaio/ Junao	-	Android/ iOS/ Windows/ Web
ARToolkit	C/C++	Android/ iOS/ Windows Phone/ Web
DART	Lingo	Mac OS/ Windows
PTAM	C/C++	Mac OS/ Linux/ Windows
Vuforia	C/C++	Android/ iOS
Wikitude	Java/C	Android/ iOS/ Blackberry/ Symbian/ Windows Phone
Layar	Java	Android/ iOS/ Blackberry/ Symbian
D'FUSION	C/C++	Android/ iOS
AR23D	Java/C	Android/ iOS/ Blackberry/ Symbian
Mixare	Java/C	Android/ iOS
GART	C	Windows Phone
Processing/ Wiring	Java	Arduino
Gainer	Flash Max/MSP Processing	Gainer
Kinect for Windows SDK	C/C++	Microsoft Kinect
Move.me	C/C++	SONY PS3 Move

- Qualcomm's Vuforia: Qualcomm introdujo un SDK para el desarrollo de aplicaciones RA que ahora denomina Vuforia [28] y para el que da un soporte multiplataforma.
- Metaio [17]: ofrece varias soluciones para desarrollo de proyectos de RA/RM y es multiplataforma. Para desarrollar aplicaciones ofrece un plugin que se integra con Junao [15] que es un navegador comercial de RA.
- Wikitude [32]: navegador para RA disponible para múltiples plataformas.
- Layar [16]: navegador para RA disponible en las plataformas más populares.
- D'FUSION: Total immersion desarrolló D'FUSION [7] que es una herramienta de autor para desarrollar aplicaciones de RA.
- AR23D [1]: es un SDK para desarrollar aplicaciones de RA.
- Mixare: es un navegador de RA de código abierto publicado bajo la licencia GPLv3 [19].
- GART [11]: creado para desarrollar fácilmente aplicaciones de RA para Windows Phone. En lugar de marcadores, se basa en "Geo AR" es decir, RA por geolocalización basada la información recogida por los sensores del dispositivo (GPS y acelerómetro) junto al histórico del navegador.
- BuildAR [5]: programa o herramienta de autor multiplataforma para desarrollar aplicaciones RA basadas en marcadores.

En la tabla 1 se relacionan las herramientas SW revisadas con las plataformas HW sobre las que se pueden desarrollar aplicaciones de RA/RM, así como los lenguajes de programación utilizados.

5. APLICACIONES Y PROYECTOS

Hasta ahora los desarrollos realizados se han aplicado fundamentalmente a la educación con proyectos tales como Avalon [38] que permite aprender castellano a estudiantes extranjeros en un entorno de RM. Dentro del ocio y entretenimiento, tenemos los éxitos de Invizimals [13] desarrollado por Novarama [21] para la consola SONY PSP y ARDefender [2] que está disponible para Android y iOS. Más curiosas son propuestas como la de Virtualware [31] que propone una aplicación industrial y de información para Correos [27] que simula los tamaños de los envíos. El Duran Duran Project [44] basándose en marcadores gigantes mostraba una RA con proyectores en un concierto, siendo un ejemplo de aplicación para espectáculos. Va más allá el proyecto Espejo aumentado [45] permitiendo que una animación de un personaje en tiempo real sea mostrada a una audiencia según la interpretación de un actor oculto. En el mundo del arte, tenemos el proyecto ObservAR [35] orientado a museos. Otros ámbitos potenciales son: Servicios de emergencias y militares, Cirugía, Arquitectura, Publicidad, Turismo, etc.

6. CONCLUSIONES

La RA y la RM se han consolidado más en la dirección de converger con los juegos controlados por movimientos y los smartphones. En estos últimos ha arraigado gracias al GPS y la posibilidad de usar datos web que luego pueden ser presentados sobre imágenes reales. El desarrollo de aplicaciones basadas en estos dispositivos no exige grandes inversiones ya que existen muchas opciones de código abierto y su distribución es fácil gracias a las tiendas online de aplicaciones que existen para todas las plataformas. No obstante, la creación de aplicaciones personalizadas que no requieran capacidades de smartphones o requieran otras que éstos no dan, pueden ser prototipadas de manera sencilla para desarrolladores relativamente inexpertos en electrónica gracias a las plataformas HW mostradas.

7. REFERENCIAS

- [1] AR23D. <http://ar23d.com/augmented-reality-sdk.html>, 2012.
- [2] ARdefender. <http://ardefender.com/>, 2012.
- [3] Arduino. <http://www.arduino.cc/es/>, 2012.
- [4] ARToolkit. <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, 2012.
- [5] BuildAR. <http://www.buildar.co.nz/>, 2012.
- [6] DART. <http://ael.gatech.edu/dart/>, 2012.
- [7] D'FUSION. <http://www.t-immersion.com/>, 2012.
- [8] Esquire. <http://www.esquire.com/the-side/augmented-reality>, 2012.
- [9] flash.tarotaro.org. <http://flash.tarotaro.org/blog/>, 2012.
- [10] Gainer. <http://gainer.cc/>, 2012.
- [11] GART. <http://gart.codeplex.com/>, 2012.
- [12] Google Glass Project. <http://g.co/projectglass>, 2012.
- [13] Invizimals. <http://www.invizimals.com>, 2012.
- [14] JMonkeyEngine. <http://jmonkeyengine.com/>, 2012.
- [15] Junaio. <http://www.junaio.com/>, 2012.
- [16] Layar. <http://www.layar.com/>, 2012.
- [17] Metaio. <http://www.metaio.com/>, 2012.
- [18] Microsoft Kinect. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, 2012.
- [19] Mixare. <http://www.mixare.org>, 2012.
- [20] NINTENDO Wii. <http://www.nintendo.com/wii>, 2012.
- [21] Novarama. <http://www.novarama.com/>, 2012.
- [22] Open NI. http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect-open_NI, 2012.
- [23] Open Wonderland. <http://openwonderland.org>, 2012.
- [24] Openkinect. http://openkinect.org/wiki/Main_Page, 2012.
- [25] Processing. <http://www.processing.org>, 2012.
- [26] PTAM. <http://www.robots.ox.ac.uk/gk/PTAM/>, 2012.
- [27] RA CORREOS. <http://virtualwaregroup.com/realidad-aumentada-correos/>, 2012.
- [28] RA SDK Qualcomm. <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>, 2012.
- [29] SLARToolkit. <http://slartoolkit.codeplex.com/>, 2012.
- [30] SONY PS3 Move. <http://us.playstation.com/ps3/playstation-move/move-me/>, 2012.
- [31] Virtualware. <http://virtualwaregroup.com/>, 2012.
- [32] Wikitude. <http://www.wikitude.com/>, 2012.
- [33] Wiring. <http://wiring.org.co/>, 2012.
- [34] R. Azuma. A survey of augmented reality. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, 1997.
- [35] J. Gimeno, R. Olanda, B. Martinez, and F. M. Sanchez. Multiuser Augmented Reality System for Indoor Exhibitions. 2011.
- [36] M. Haller, M. Billinghurst, and B. Thomas. *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*. 2007.
- [37] A. Henrysson, M. Billinghurst, and M. Ollila. AR Tennis. 2006.
- [38] M. B. Ibanez, C. D. Kloos, D. Leony, J. J. G. Rueda, and D. Maroto. Learning a Foreign Language in a Mixed-Reality Environment. 2011.
- [39] J. C. Lee. Hacking the Nintendo Wii Remote. 2008.
- [40] J. Leitner, M. Haller, K. Yun, W. Woo, M. Sugimoto, and M. Inami. IncreTable, a mixed reality tabletop game experience. 2008.
- [41] V. Lepetit. On Computer Vision for Augmented Reality. 2008.
- [42] P. Milgram and F. Kishino. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. 1994.
- [43] G. Reitmayr, D. Schmalstieg, T. Wien, and A. Wien. A Platform for location based Augmented Reality Applications, 2002.
- [44] N. Saforrudin, H. B. Zaman, and A. Ahmad. Technical skills in developing augmented reality application: teachers' readiness. 2011.
- [45] L. Vera, J. Gimeno, I. Coma, and M. Fernández. Augmented Mirror: Interactive Augmented Reality System Based on Kinect. 2011.

Accesibilidad

Where Should I Go? Guiding Users with Cognitive Limitations through Mobile Devices Outdoors

Alberto G. García de Marina, Rosa M. Carro, Pablo Haya
Computer Science Department, Universidad Autonoma de Madrid
Francisco Tomás y Valiente, 11. Campus de Cantoblanco
28049 Madrid, Spain
+34 914972276

Alberto.Gonzalez01@titulado.uam.es, {Rosa.Carro, Pablo.Haya}@uam.es

ABSTRACT

During our life, we are involved in different routines and decision-making tasks that we repeat daily in diverse contexts. While some people can cope with this easily, it may be harder for others. For example, travelling from one place to another can constitute a major problem for people with cognitive disabilities, which may represent a great barrier for their integration, in both social and working environments. We have developed a tool to assist users with cognitive limitations to way-finding. Guidance is provided by means of mobile devices through different media (audio, images, etc.). In this paper we present the results of the interaction of a group of users with cognitive disabilities with this tool. We show the usefulness of this type of guidance for this kind of users, as well as the interface that better suited their personal needs.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces ([D.2.2](#), [H.1.2](#), [I.3.6](#))

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

General Terms

Human Factors, Design, Experimentation.

Keywords

Mobile Device Interfaces, Users with Special needs, Way-finding assistance, Routine tasks.

1. INTRODUCTION

During our life, we are involved in a variety of activities that we constantly repeat in diverse contexts. These activities can be related to domestic routines, working tasks, everyday urban-life, and so on. In addition, each day we have to take decisions, in both usual situations (i.e., “what would I have for dinner tonight?”, “how should I be dressed today?”) and unexpected ones (i.e., “the underground is not working, how would I go home now?”).

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 '12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

Choosing the right options reverts on improving our quality of life, social integration and self-esteem. However, while some people can cope with daily routines and take decisions with an insignificant effort, this may not be easy at all for others, since not everybody has the same capabilities.

According to the Spanish Federation of Down Syndrome [1], autonomy and independence necessarily entail the access to a job. For many people with cognitive disabilities, tasks such as travelling to their workplace and coming back can be a major problem that may constitute a great barrier for them to integrate in working environments. Likewise, the inability to travel autonomously may damage the quality of their life, affecting not only their studies/work, but also their leisure time.

In order to prevent users with cognitive limitations from this, we are developing tools to guide them when traveling, in the framework of the project ASIES (“Adapting Social & Intelligent Environments to Support people with special needs”), founded by the Spanish Government. This project aims to enhance user independent living and focuses on both providing training and supporting daily activities of people with special needs by means of adaptive systems. Researchers from the Department of Didactic and Education Theory, focused on special education and specialized in attention to diversity and social education, participate in the project too. They are experts on training mentally-disabled young people to promote their labour and social integration [2]. Young people with cognitive limitations come to the Universidad Autonoma de Madrid (UAM) to be trained by them. These young people have collaborated in this work as well, being the final users of our research.

Regarding the ways of assisting users with cognitive limitations, computer-based systems can be used as trainers to help them to improve their abilities (motor, memory, reasoning, social, or emotional skills, among others) [3] [4]; systems can also be used as assistants to help users to cope with certain routines [5] [6]. More specifically, adaptive computer-based systems can help users with particular preferences or needs to learn, work or take decisions, among others, by taking into account each user’s preferences or needs [7][8].

The final aim of this work focuses on assisting users with cognitive limitations in way-finding, both in foreseen and unforeseen situations, through mobile devices, so that each of them is helped in the best potential way according to his particular needs at each situation. With this goal in mind, it is essential, firstly:

1. To identify the abilities, limitations and potential needs of these users in that context.
2. To know the capabilities of this type of users regarding the use of mobile devices and the understanding of their functionality.
3. To find out whether way-finding assistance through mobile devices is feasible and useful for this type of users
4. (If the result of number 3 is positive) To investigate which are the most suitable interfaces and media to provide this assistance, and whether it should vary depending on the specific user to be assisted.

With this aim, we have developed an application called WSI-Go (Where Should I Go?) able to guide those users coming to the UAM, to be trained for labour market (“the users” from now on), through the university campus. The Faculty of Education, where they are trained, is located near the train station. Most of them do not usually visit other faculties or buildings within the campus, so these places can be considered as new for them.

The paper is organized as follows. Section 2 presents the requirements for this study. Section 3 describes the application WSI-Go. The case study is presented in section 4, while section 5 includes the outcomes and discussion. Finally, section 6 presents the related work, while section 7 includes the conclusions along with the future work.

2. REQUIREMENTS

The first requirement to proceed with this research was to know the abilities, limitations and potential needs of users with cognitive limitations in this context. We have focused on cognitive disabilities such as Down syndrome, Turner syndrome and cerebral paralysis, those having the people coming to the UAM to get trained for the labour market. The experts in special education participating in the project assessed us about this. We learnt, for example, that most of the users with this type of limitations are able to travel from one known place to another quite autonomously if nothing unexpected happens. However, it can be hard for many of them to find their way when the places are unknown and, especially, to manage unforeseen events, even in well-known places (i.e., the train is not working today). Therefore, any help they could receive in these situations would be welcome.

Another requirement for this research consists of knowing the capabilities of this type of users regarding the use of mobile devices such as smartphones. With this aim, we developed a small website to be accessed by users through smartphones in 2009/10 academic course. The tasks they should tackle were precise (i.e.: pointing an element in the screen, clicking on a button or writing a short word in a text box). All of them demonstrated to be able to interact with a smartphone for these purposes reasonably well.

Once we know the skills and needs of people with cognitive limitations regarding smartphones and traveling, the next step is to find out whether providing traveling assistance through mobile devices is feasible and useful for them. If that is the case, then we will investigate which are the most suitable interfaces and media to provide this assistance to each specific user. With this purpose, we thought of developing an application able to guide users with cognitive limitations to find their way when going from one place to another. More specifically, this application should, among others:

- Allow the specification of (diverse) routes to be followed and the modeling of zones within a map (streets, intersections, buildings, green areas, etc.).
- Support user localization by, i.e., the Global Positional System (GPS).
- Support event managing.
- Guide each user at every time, according to his position at that time and the goal to be reached.
- Provide assistance in different ways, through distinct media: voice, images, texts and so on.
- Include functionality to configure guidance modes.
- Record the path followed by each user.
- Allow several users executing it at the same time.
- Be executed in mobile devices such as smartphones.

Experts on special education assessed us with interface requirement analysis: instructions must be given clearly and atomically to each user; additional buttons and links must be avoided [9]; Street-View kind photographs are preferred to satellite views; these photographs can be enriched with simple arrows indicating the way to follow.

Once the application is functioning, it is essential to collect data from the user actions automatically in order to analyse them afterwards. Registering the coordinates of the user position at each time during the route (when walking as well as when an event takes place) allows precise path reconstruction. In addition, it facilitates calculating the distance covered by the user, his velocity in each stretch, the number of times he stopped (plus each time duration, along with the corresponding positions), the number of times he went out of the route (including information about where and when), and so on.

Since data analysis is mainly based on the user position at each time, information about the quality of the GPS signal during the route should be compiled too. Each time a position or an event is registered, the quality of the GPS signal at that time should be stored too. The storage of these data will allow us to compare the results of different users in different routes when receiving assistance with distinct types of media (audio/visual) quantitatively.

3. WSI-GO: THE APPLICATION

WSI-Go supports the creation and delivery of guidance interfaces to assist users with cognitive limitations when traveling outdoors. The application was developed using Mscape [10], which allows to easily define areas over maps and to associate multimedia elements to these areas (images, videos, sounds and web pages). Mscape supports the management of information such as location coordinates or events (entering an area, leaving an area) through scripts. Each time a user moves, it generates an event. Some events trigger specific actions. In these cases, the application shows the corresponding instruction for the user as programmed within the program logics, using the multimedia elements associated to the assistance to be provided (sounds, audio, texts, images, etc.). Mscape workspace comprises a model editor (Mscape Maker) and a simulator (Mscape Tester). We modeled 75 areas, 36 streets, 29 intersections, 10 buildings and 11 routes passing by these elements (4 of which were selected for the study).

We implemented different views from the same places and paths to follow. Two guidance modes were implemented for this experiment, following the expert recommendations. In the first one (called the “audio mode”), instructions are given to the users through audio files (i.e., “go ahead”, “in the next cross, turn on the left” or “you have reached your goal”). In the second one (“visual mode”), Street View images and photographs taken by the authors are shown, annotated with arrows indicating the way to follow at each step. Written instructions are included as well. In this mode, one beep indicates that the visual interface has changed. We used 15 audio files and 150 images to provide assistance in this research, although more than 1000 images were generated in different formats and sizes. Experts on special education assessed us in the design of all the interfaces.

Then the application logic was programmed, and the whole assistance process was tested. Regarding technical issues, we found out that mobile devices should have good computation capabilities (minimum processor speed: 600 MHz) and a certain amount of RAM memory (minimum: 128MB) because of the high number of tasks to be accomplished and media elements to be managed. When the users interact with the application, their position at each time is automatically stored in text log files. With the aim to control the reliability of GPS automatic annotations, the application records data about the horizontal dispersion (HDOP) and the number of satellites at each time. If HDOP is higher than the maximum limit at a certain time, the log manager discards the record.

Each tour consists of three steps. Firstly, the user receives instructions about the application functioning, and the guidance mode is configured. Secondly, the user takes the route following the instructions given by the smartphone. Finally, once the user has reached the goal, the application calculates statistical data starting from the information automatically recorded, and stores all this information. Figure 1 shows the areas modelled over the UAM campus and figure 2 shows a snapshot of one image used to give instructions in visual mode.



Figure 1. Area modelling over UAM campus map.

4. CASE OF STUDY

The users involved in this study are enrolled in an employability project for cognitively impaired population. They are between 18 and 23 year old and come to the UAM campus to attend courses for labour market insertion. They have different cognitive

limitations. Their intellectual disabilities are due to different reasons: Down syndrome (primary trisomy and mosaicism), Turner syndrome, cerebral paralysis and encefalopatías without specified aetiology. In order to identify their limitations, we used information about their scores in Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS III), which measures their verbal and performance abilities. The score represents the IQ. A score between 90 to 109 is considered Average. From 80 to 89 is considered Low Average. From 70 to 79 is Borderline and below 70 is considered Extremely Low. The scores from the users of WSI-Go in WAIS ranges between 50 and 84.



Figure 2. Image used in visual-mode instruction.

Their background in the use of technology is based on two courses: they attend the first one during their first year of enrollment, and the other in the second one. Their programs include the use of the Internet along with a text editor, as indispensable tools to complete their training. This is useful for them to widen the range of their potential future employments as well. Regarding the use of mobile devices, they have had a slight contact with them, as described in section 2.

As it was mentioned above, the Faculty of Education, where they are trained, is located near the train station. Therefore, it is quite easy for them to find it once they arrive at the station. The majority of them do not use to visit other faculties or places within the campus, so these places can be considered as new for them. Nine routes were defined throughout the campus. All the routes run through different streets, passing by faculties, pedestrian streets and zones with road traffic. We selected four routes for this work, they all starting at the Faculty of Education. Two of them were one kilometre long and the others were two kilometres long (approximately).

For the final users, each route consists of a starting point, an ending point and intermediary places to be found. Their goal was to find certain places within the campus only by following the instructions given by the smartphones we lend them (model HTC HD2 with Windows mobile 6.5, 4.3 inches, 512 MB ROM, 448 MB RAM, processor of 1GHz and GPS integrated).

Twenty students were involved in the whole experience. We formed two groups randomly: the former used the application in visual mode and the latter did it in audio mode. Routes were assigned to each of them randomly too, keeping the proportion between long and short routes. After some weeks, groups where

interchanged: each user interacted with the interface he had not used before (following a different route).

Since it was the first time we made such an experiment and we could not foresee how it would work, we thought of incorporating supervisors (researchers from our group) to the tours. During each tour, one supervisor accompanied each user. The supervisors walked some meters behind the users so as not to interfere in their actions. They were in charge of observing the user behaviour, taking annotations (just in case we could need more information about the user actions) and, only if necessary, intervening. Before the tours took place, we gave them instructions about route details and their expected behavior. They must neither interact with the users nor intervene unless a dangerous situation is foreseen or the user does really need help (i.e., he gets blocked or he wants to go back to his school at that right time). As the smartphones register all the parameters related to the user actions, the supervisors should only annotate their interventions and contextual information, if needed, to interpret specific user actions afterwards. Tours were planned to take place during teaching hours twice a week within June and December 2010.

Forty tours took place. Sixteen users interacted with both the visual and the audio interfaces, while four users interacted with only one of them. From the forty tours, five of them were not completely valid, due to incorrect device usage or low GPS quality. Other two were aborted because it was hard for the user to understand the tour goal and the overall functioning. Fifteen researchers helped us to supervise the process at different times. The tours took between fifteen and fifty minutes, depending on the length of the routes, as well as on the user's skills. Five interventions took place (for example, one of them was due to the fact that the user got nervous because the GPS signal was lost and the smartphone did not provide assistance for several seconds). Apart from that, unforeseen situations did not occur.

5. OUTCOMES AND DISCUSSION

5.1 Analysis of the results

The data recorded were normalized in order to avoid the influence of route lengths and turns in the results. We looked for correlations between independent variables (interaction mode, IQ), and the dependent ones (number of mistakes or number of stops, among others). Table 1 shows the mean and standard deviation of the normalized number of mistakes grouped by interaction mode, as well as the relationship between the distance walked and the distance of the routes. As it can be seen, the ratio between the two distances is independent of the interaction mode (1.50 for the audio mode, 1.54 for the visual one). However, the number of mistakes is highly dependent of the mode in which the guidance is offered. In general, the visual mode led to better user performance than the audio mode did. Users that received instructions through audio made significantly more mistakes ($M = 0.14$, $SD = 0.1$) than those receiving them through images ($M = 0.08$, $SD = 0.08$).

Table 1. Relationship between the interaction mode and some dependent variables (mean and standard deviation)

Variable	Audio	Visual
Walked distance / Route distance	1.50 (0.01)	1.54 (0.06)
Number of mistakes (per kilometer and turn)	0.14 (0.1)	0.08 (0.08)

Regarding the influence of users' IQ on their performance, we found a low correlation between IQ and number of mistakes ($r = -0.11$) for this group of users. IQ represents, mainly, manipulative and verbal capabilities. In fact, the score for a user's IQ in the test WAISS is calculated starting from the scores obtained by him in both dimensions. We have looked for correlations between their score in each dimension and their performance when being guided through the visual/audio modes. The results found for this population were the following: Users with high verbal capabilities make fewer mistakes than the others when receiving audio-based guidance. In both modes, there is a tendency that users with good manipulative abilities make fewer stops. However, we would need to collect and analyse more data to obtain more statistically significant results to affirm this.

5.2 Qualitative Analysis

The users expressed their opinion about different aspects of the experience in several ways. Some users expressed their impressions spontaneously to their supervisors while walking. Supervisors noted down these impressions, as well as their own contextualised observations throughout the route. In addition, all users were asked about their opinion at the end of the route, once they were back at his school. We asked all of them to fill in a brief questionnaire. This questionnaire had been planned to include questions such as whether the user had felt comfortable using the smartphone and so on. However, according to the experts' recommendation, the questionnaire should be as short as possible for users not to get overloaded. Therefore, aspects that supervisors could observe directly were not included, and the questionnaire was shortened to focus on the questions about the audio/visual assistance modes, to try to get feedback about specific aspects related to these modes. The questions posed were:

- Which mode has helped you the most (visual/audio)?
- (Visual mode) Have buildings, post-boxes, drinking fountains and benches helped you to get your bearings?
- (Visual mode) Have the arrows pictured in the photographs helped you?
- (Visual mode) Have written texts helped you?
- (Audio mode) Would you like to receive more voice-based instructions?

Most users selected the visual mode as the one helping them the most (60%). Regarding this mode, 100% users found building, post-boxes, drinking fountains, benches and texts useful to get their bearings. With respect to the arrows pictured in the images, 86.7% users found them helping (one user said that some arrows had helped him while others had not). Concerning the audio mode, a 66.7% of the users would like to receive more voice-based instructions.

Supervisors remarked that most users managed to reach the goals through the route, being the use of the smartphone-based application satisfactory, according to their notes and observations. The most self-sufficient users pointed out the utility of the application, which inspired them confidence. Supervisors' observation agree the information provided by users in questionnaires regarding the usefulness of including reference points in the images used in the visual interface (post-boxes, crosswalks, traffic signs and so on). It was easier for the users to find the way when these elements were included. Moreover, it was harder for them to associate photos with real environments

when the photos included elements that do not fit the reality (i.e., cars parked or trees with no leaves).

Regarding the arrows pictured over the photos, some users found those that were slightly turned (to fit the path to be followed) confusing: some users thought that they should turn some way. With respect to the audio mode, some users found it repetitive, although those with less cognitive limitations found it more useful than the visual one, since it prevents them from watching the smartphone constantly to see the instructions. Another relevant observation is that a great number of users showed to have troubles to distinguish between left-hand side and right-hand side. Therefore, although the application guided these users correctly, they took wrong decisions. Finally, many users got nervous when smartphones failed on user positioning, which used to happen in one area situated below leafy trees. It is essential to soften these fails in the application so that it can help the users effectively.

In order to facilitate the visualization and interpretation of data automatically recorded, we developed a tool that supports monitoring as well. It represents, visually, the path followed by each user, reproducing his steps within and outside the route, including information about the stops made (and their duration), the user velocity in each stretch, and so on. It reflects, precisely, the user performance during the route. This tool has been used to do qualitatively data analysis. The data stored for each user when following a route were exported to Google Earth. We developed a Java application to parse log-file information and generate new files with data in the format needed by Google Earth. Google Earth API facilitates data visualization considerably, and offers many useful options for our purpose. It allows one to draw the areas that compose his application domain over the corresponding map; in our case, we have drawn the routes and areas over the university campus map.

It supports automatic reproduction of user actions based on location and time data (animation playing). It makes it possible to select any point to inspect data recorded at that point, as well as to do rewind and fast-forward to better observe the user actions. It also supports the visualization of several users at the same time, making comparisons between them easier. Moreover, users can be grouped by different criteria. This allows comparing, for example, the actions done by persons receiving instructions in audio mode with those from users interacting with the visual one. The API supports a comfortable organization of data as well as visualization-style configuration.

Our Java application includes functionality to standardize times, setting the starting point to 0 (instead of the real timestamp) for all the users, in order to facilitate comparison between routes that were followed at different times. Figures 3 and 4 show snapshots of the visualization tool: figure 3 shows users and paths drawn over the domain areas. Figure 4 shows the same data over a satellite view.

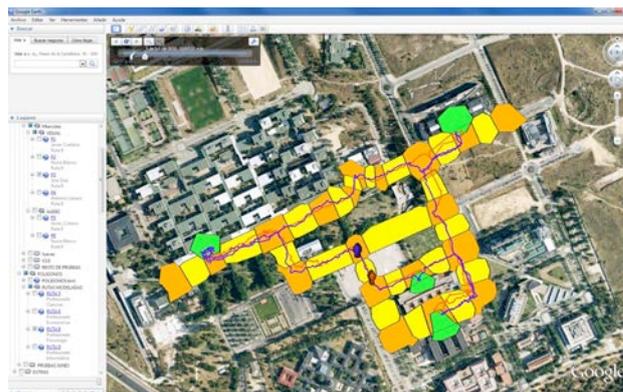


Figure 3. Visualization of users and paths over domain areas.

This visualization tool was very useful, for example, to interpret striking user records along with supervisor annotations. This is the case, for instance, of records indicating that a user is entering and leaving a very small zone of the map repeatedly, walking within a radio of one or two meters, apparently randomly. This happened during the experiment, in a small place covered by leafy trees. The GPS signal got lost and, therefore, the assistant was not able to give instructions. Users walked around looking for the signal. In this case, supervisor annotations over a printed map are very useful (“the GPS signal was lost within the area marked here”). However, it is difficult to get an idea of the user behaviour in this situation (even if exploring the log files). Visualizing the user actions help a lot to get this idea and interpret the registered data.

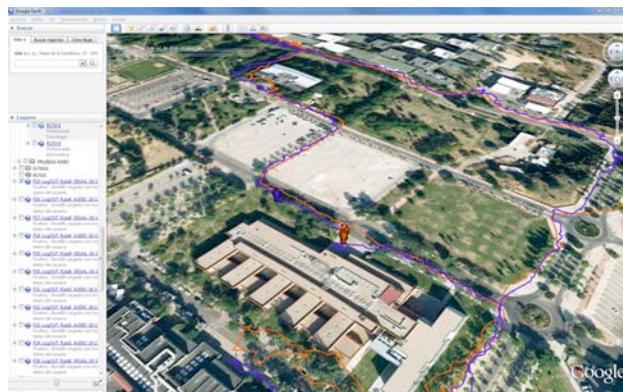


Figure 4. Visualization of users and paths over satellite view.

Another example is that of users taking different routes at the same time. Although routes are planned with no interference between them, in one case two users met and stopped some seconds to talk to each other. Their log files show that, while walking, they stopped some seconds with no apparent reason. Obviously, supervisors can note down this fact. However, it is much easier to interpret it through the visualization tool. In summary, the overall analysis of all route records is easier throughout this tool.

6. RELATED WORK

During this research work we studied the state of the art regarding research and commercial existing products, to get information

about their functionality, guidelines, methodology and as well as to detect their main benefits and drawbacks.

Psychological studies propose distinct examples of how people with cognitive limitations [11] or without [12] navigate with assistance. These comparative results made us better understand the special needs of people with disabilities. Some of them base on behaviors and reactions, from a theoretical point of view [13]. Others implement technological solutions using different kind of interfaces, virtual environments [14] or landmarks [15], to detect better ways of providing assistance through their pilot studies.

Regarding GPS navigators, the best-known devices are TomTom, Garmin, Copilot, iGO, Navigon, NDrive, Nokia Maps, Route66, Sygic and Google Navigation [16]. Most of them have configurable interfaces, allowing both 2D and 3D views, centered on the user position while viewing the indications. They are mainly oriented to drivers, although usually offer the possibility of selecting a “pedestrian mode”. However, the main adaptation of the guidance offered to pedestrians consists of processing walking paths instead of roads. They do not take into account either the wide range of possibilities to show information to users that do not need to pay special attention to the traffic, or, which is more important in this context, the specific needs that particular users may have regarding the interface. When using this type of assistants, users with cognitive limitations may find the dynamic information abstraction work overloading. Commercial GPSs are not designed to help users with these limitations, mainly because paths and maps are shown in 3D and 2D graphics in schematic and symbolic ways, lacking from a trivial to understand correspondence between the real world and the information given by the device. This can represent a barrier for those users for with, often, the abstraction between these two worlds (the technological and the real one) requires a higher effort. Some of the later versions of GPS systems, such as those from TomTom, Route 66, iGO or Google, have made some great attempts to reduce the cognitive load by making a more direct association between the real world and that shown in the interface (see figures 5 and 6). However, they are not specifically designed for users with cognitive limitations.



Figure 5. Using augmented reality to facilitate instruction understanding.



Figure 6. Interface based on real image representation.

In the literature, we can find several studies focused on providing assistance to users with cognitive limitations when traveling. In [17] users both with limitations and without them are helped via telephone. The experiment consists of giving both right and wrong instructions to all the users to check their reactions (whether they ask for help, whether they know how to describe their specific problem and so on). After analyzing the reactions of both types of users, the study concludes that users with cognitive limitations show more difficulties (errors and doubts) when following a route. They ask for assistance more frequently and need a higher number of trials to find their way once they are lost. This proves our hypothesis that users with cognitive limitations need specific assistance for way-finding. In our case, the observations of the user behaviour are done processing automatically collected data and enhancing this information with supervisor observations. The latter are used both as a source of information and to contextualize the former.

In [18] smartphones were used to search and access schedules and real-time location of buses in transit services, while in [19] mobile devices are used to assist indoor way-finding. In this last case, supervisors followed the users and were in charge of sending them instructions via smartphone messages. In our case, instructions are dynamically given by the smartphone with no human intervention at runtime, although it is possible for supervisors to interfere, if needed. Finally, Mobility-for-all [20] is one of the more complete works in this area. The guidance here is mainly based on showing the location of public transportation at real time, both to the user and to his human assistance network (who watch over the user).

7. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The final goal of the work presented in this paper is to contribute to enhance the quality of life of users with cognitive limitations by improving their independence when traveling, by means of mobile-device based assistants. With this purpose, we firstly identified the abilities, limitations and potential needs of this type of users regarding way finding. Secondly, we tested their capabilities with respect to the use of mobile devices. Thirdly, we found out that assisting users with cognitive limitations through mobile devices on traveling, through interfaces designed according to their features, is feasible and useful.

We developed WSI-Go, an application to guide this type of users to find their way outdoors. WSI-Go was used by students with cognitive limitations enrolled in training courses at the UAM for their insertion in the labour market. They were able to follow 38

routes out of the 40 proposed to all of them. They found the goals and reached the end in a good time (velocity mean: 4.5 km/h).

We investigated two ways of providing assistance: through audio-based and image-based interfaces. For this group of users, the visual interface worked better, in general, than the audio one, leading to better user performance. This quantitative result, statistically significant, coincides with the users' feeling about the type of interface that better helped them. Moreover, we investigated the possibility that some interfaces could work better for certain types of users according to, i.e., their scores in the WAIS test components. We found out that users with high verbal capabilities tend to make fewer mistakes than the others when receiving audio-based guidance.

In both modes, there is a tendency that users with good manipulative abilities stopped fewer times. However, we plan to collect and analyse more data for obtaining more statistically significant results to affirm the latter. In addition, we would like to generate different guidance interfaces to explore new possibilities (e.g., combining images plus audio in the same interface).

The results obtained in this work can be useful for the human-computer interaction community, as well as for that of adaptive hypermedia and user modeling: this research throws some light about the abilities, needs and ways of providing guidance to users with cognitive limitations. It should be noticed that this study has been made with a group of twenty users with cognitive limitations. These users have common characteristics: i.e., they are able to come to the university to be trained for labour market integration. Therefore, the results obtained cannot be extrapolated to the whole cognitively-limited population. However, we are interested in focusing our research on these groups, since we find them potential users of systems that can assist them in their routines. Furthermore, as they are physically near us, they can benefit from our achievements with no much effort.

We plan to extend WSI-Go to support outdoor assistance in wider areas. Our aim is to cover places normally visited by this collective, both indoors and outdoors. In this direction, we have developed an application to facilitate the use of public transport in Madrid, called WAI (Where Am I). WAI-routes supports route calculation between two coordinates in the space in terms of public transport [21]. WAI-Web selects the best route among those calculated by WAI-routes and provides Web-based assistance, adapting the way in which instructions are given to each user (amount of information at every step, output style, and so on) according to his cognitive capabilities [22]. Our next goal now is to integrate WAI with WSI-Go so that users can be guided both when walking outdoors and when using public transport. In this way they would receive complete traveling assistance to go from one place to another.

Furthermore, WAI could be integrated within other intelligent applications designed to assist people in their daily life. Support for unforeseen situations could be included. In this direction, [23] presents AmbienNet, an architecture that allows sharing structured context information among different intelligent applications that support people with disabilities or elderly people living alone. Finally, we are planning to extend the monitoring tool, for its use by the persons in charge of users with cognitive limitations (e.g. family) as an aid when the user is in trouble (e.g. including alarm-triggering mechanisms).

8. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been funded by the Spanish Ministry of Science and Education, project ASIES (TIN2010-17344) and by Comunidad Autonoma de Madrid, project E-Madrid (S2009/TIC-1650). We thank all the researchers that helped us as our supervisors, as well as our project collaborators from Special Education at UAM, both the experts and the final users.

9. REFERENCES

- [1] *Spanish Federation of Down Syndrome*, <http://www.sindromedown.net/>
- [2] *Prodis Foundation*, <http://www.fundacionprodis.org/>
- [3] Parsons, S., Mitchell, P. 2002. The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders. *Journal of Intellectual Disability Research*, 46, 430-443.
- [4] Paredes, P., Haya, P., Montoro, G., Izuzquiza, L. 2011. On Studying a Cognitively Impaired Population through a Money Management Application. *Procs. of the 2nd International Workshop on User Modeling and Adaptation for Daily Routines (UMADR): Providing Assistance to People with Special and Specific Needs*, at UMAP 2011, 43-50.
- [5] Vergnes, D., Giroux, S., Chamberland, D. 2005. Interactive Assistant for Activities of Daily Living. In: *Procs. of the 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, 229-236. IOS Press, Amsterdam.
- [6] Fickas, S., Sohlberg, M., Hung, P. 2008, Route-following assistance for travelers with cognitive impairments: A comparison of four prompt modes, *Int. J. Human-Computer Studies*, Volume 66, Issue 12, 876-888
- [7] Brusilovsky, P. 2001. Adaptive hypermedia. In: Kobsa, A. (eds.) *User Modeling and User Adapted Interaction*, Ten Year Anniversary Issue, vol. 11 (1/2), 87-110.
- [8] Martin, E., Carro, R.M. 2009. Supporting the Development of Mobile Adaptive Learning Environments: A Case Study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Volume 2 (1), 23-36.
- [9] Matrai, R. 2008. Analysing the 2D, 3D and web user interface navigation Structures of normal users and users with mild intellectual disabilities. *Procs. of the 11th international conference on Computers Helping People with Special Needs*, 386 – 393.
- [10] *Mscape*, <http://www.hpl.hp.com/downloads/mediascape/index.html>
- [11] Gillespie, A., Best C., O'Neil, B. 2012. Cognitive function and assistive technology for cognition: A systematic review. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18, 1-19.
- [12] Montello, D.R., Sas, C. 2008. Human factors of wayfinding in navigation. In: *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*. CRC Press/Taylor & Francis, Ltd., 2003-2008.
- [13] Hill, K.. 1998. The Psychology of lost. In K. Hill (ed.), *Lost Person Behavior*. Ottawa, Canada. National Search and Rescue Secretariat. 1-15.
- [14] Reid, D., Wan C., Hebert, D. 2009. Development and pilot evaluation of a virtual environment for assessment of

- wayfinding ability in persons with neurological disability. *Technology and Disability*, 21, 43–52
- [15] Benson, M. 2010. *Effects of landmark instruction on wayfinding in persons with down syndrome*. Master Thesis. Department of Psychology. University of Alabama.
- [16] *Google Navigation*:
http://www.google.com/intl/es_ALL/mobile/navigation/
- [17] Fickas, S., Lemoncello, R., Sohlberg, M. M. 2010. Where Am I: How Travelers With A Cognitive Impairment Ask For And Use Help. In: *Procs. of the 1st International Workshop on User Modeling and Adaptation for Daily Routines: Providing Assistance to People with Special and Specific Needs*, 5-18. Hawaii.
- [18] Sullivan J. 2004. Mobility for All project.
<http://www.cs.colorado.edu/~l3d/clever/projects/mobility.html>.
- [19] Liu, L., Hile, H., Kautz, H., Borriello, G. 2006. Indoor wayfinding: Developing a functional interface for individuals with cognitive impairments. In: *Procs. of ASSETS'06*, 95-102. ACM Press.
- [20] Carmien S, Dawe M, Fischer G, Gorman A, Knitsch A, Sullivan JFJ. 2005. Socio-technical environments supporting people with cognitive disabilities using public transportation. *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 12, 233-262.
- [21] Anglés-Alcazar, L., Haya, P.A. and Carro, R.M. 2010. WAI-ROUTES: A route-estimator system for aiding public transportation users with cognitive impairments. In: *Procs. of the 6th IASTED Int. Conference on Advances in Computer Science and Engineering*, pp. 167-174
- [22] Barros, L., Rojas, L., Haya, P., Carro, R.M., Rodriguez, P. 2010. WAI-WEB: Traveler assistance adapting user interface and routes to people with cognitive disabilities. In: *User Modeling, Adaptation, and Personalization*. 20-24
- [23] Abascal J, Boanil B, Gardeazabal L, Lafuente A and Salvador Z. 2009. Managing Intelligent Services for People with Disabilities and Elderly People. *Lecture Notes in Computer Science* 561, 623-630.

ACCESO WEB PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL: SOLUCION INCLUSITE®

Márquez, S., Moreno, F., Coret, J., Jiménez, E., Alcantud, F. Guarinos, I.*

Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación
Universidad de Valencia
Valencia, España
(34) 96 386 42 96

Francisco.alcantud@uv.es

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la evaluación de un prototipo de la solución de acceso Inclusive®, diseñada para posibilitar la navegación web a personas con discapacidad visual. La interfaz provee la ayuda desde la Web y evita al usuario depender del software y dispositivos que normalmente utiliza para ello. Un tiflotecnólogo experto en el uso de TICs realiza una prueba de usabilidad de la interfaz de accesibilidad web Inclusive®¹, que consiste en la navegación por teclado combinada con síntesis de voz (desde el teclado se van seleccionando las secciones de la web y la síntesis de voz las va leyendo para el usuario). La valoración de la iniciativa es altamente positiva, ya que contribuirá a la reducción de costes por parte del usuario, al no necesitar adquirir un software específico, así como a la reducción de su dependencia del uso del propio equipo, con su solución de acceso instalada, al encontrarse alojada en la propia Web. Se señalan algunos aspectos en los que debe mejorarse la interfaz.

Categorías y Descriptores

- H.5.2 User Interfaces: User interface management systems (UIMS). H.5.3 Group and Organization Interfaces: Evaluation. Web-based interaction. K.4.2 Social Issues: Assistive technologies for persons with disabilities.

Terminología Genérica

- Human Factors, Measurement, Verification.

Palabras Clave

Accesibilidad, interfaz, discapacidad visual, acceso web.

1. INTRODUCCION

Cuando el funcionamiento del ordenador se basaba en código y caracteres ASCII, una persona invidente no tenía demasiados problemas para interactuar con él, una línea Braille y el lector de pantalla bastaban para garantizar un buen acceso. Cuando el desarrollo web evoluciona lo hace decantándose hacia un modo de presentación de la información cada vez más basado en aspectos visuales (imágenes, video, animaciones, etc.) de modo que las personas invidentes comienzan a tener problemas, pues su ayuda técnica habitual ya no puede interpretar la información presentada de esta manera. Fruto de esta dificultad surgen varias iniciativas, entre las que destaca principalmente la de la W3C [1], que a través de las normas de la WAI pretende que los diseñadores web construyan las páginas teniendo en cuenta unas directrices que garanticen la superación de estos problemas y, por tanto, el acceso a la información. Lo que originalmente constituyó el empeño del colectivo de personas con discapacidad visual, ha terminado por beneficiar, también, a otros tipos de discapacidad.

La accesibilidad de los sitios web públicos ha tenido una gran atención política en la UE en los últimos años. La Declaración [2] sobre inclusión digital (2006), establece como una de sus prioridades la promoción de la administración electrónica incluyente, que permita garantizar la accesibilidad de todos los sitios web públicos en 2010.

1.1 Estado Actual de la Accesibilidad Web

En el año 2007 la empresa T-Systems realizó un estudio de accesibilidad a las Web de 125 de las principales compañías privadas y de 106 organismos públicos, efectuando una evaluación de conformidad con la normativa de accesibilidad WAI, mediante un estudio con 68 indicadores [3].

Como consecuencia de [3] se puede concluir que: un 39 % de los sitios Web de las diferentes administraciones públicas no cumple con el nivel A y un 34 % no cumple con el nivel intermedio AA, de obligado cumplimiento a finales de 2008.

En cuanto al sector privado, más del 75% de las empresas estudiadas no cumplen con los criterios del nivel mínimo de

¹ Nombre comercial del conjunto de soluciones de acceso (interfases) diseñadas por la empresa CSD dentro del proyecto e-Accessible

* Corporation for services and development S.A. Valencia, Spain. iguarinos@csd.com.es

accesibilidad A. Si tenemos en cuenta las que no cumplen con el nivel intermedio AA, la cifra se incrementa hasta un 89%.

1.2 Discapacidad Visual

Desde un punto de vista funcional la OMS [4] considera que una persona tiene baja visión o es deficiente visual cuando su agudeza visual no sea superior a 1/3 y/o si su campo de visión no supera los 30 grados. Hay cuatro niveles de la función visual, de acuerdo con la CIE-10 [5]: visión normal; discapacidad visual moderada; discapacidad visual grave; ceguera.

La combinación entre deterioro visual moderado y deficiencia visual severa se agrupan bajo el término "baja visión". Para agrupar podemos decir que la baja visión junto con la ceguera representan todos los déficits visuales.

Según datos actualizados en [6] la OMS afirma que aproximadamente hay 284 millones de personas que sufren discapacidad visual en todo el mundo: 39 millones son ciegas y 245 tienen baja visión. Alrededor del 90% de la población mundial con discapacidad visual viven en países en desarrollo.

1.3 Problemas de Acceso en la Discapacidad Visual

En la tabla se puede observar, de manera esquemática, como la discapacidad visual puede afectar al manejo de los diversos dispositivos de acceso, entrada y/o salida al ordenador, así como a la ejecución de las tareas más usuales de navegación.

Tabla 1: Matriz acceso/competencias [7]

	Competencias Visuales					
	Ceguera	Baja visión	Percepción de la profundidad	Agudeza Visual	Campo visual	Discriminar colores
Pantalla	NP	D	D	D	D	D
Altavoz	P	P	P	P	P	P
Ratón	NP	D	D	D	D	P
Touchpad	NP	D	D	D	D	P
Cámara	NP	D	D	D	D	P
Micrófono	P	P	P	P	P	P
Teclado	P	P	P	P	P	P
Pantalla táctil	NP	D	D	D	D	P
Scroll	NP	D	P	D	D	P
Seleccionar	D	D	D	D	D	P
Clicar	D	D	D	D	D	P
Operar menús	D	D	D	D	D	P
Escribir teclado	P	D	P	D	D	P
Esperar acción	D	D	P	D	D	P
Arrastrar	NP	D	D	D	D	P
Orientarse en la web	D	D	D	D	D	P
Volver atrás	D	D	D	D	D	P

- P El usuario es capaz de utilizar el dispositivo o realizar la acción
- D Usa el dispositivo o realiza la acción con dificultad o ayuda
- NP NO es capaz de utilizar el dispositivo o realizar la acción

2. MATERIALES Y METODOS

El trabajo aquí desarrollado se realizó dentro del proyecto de investigación e-Accesible, Ref. IPT-430000-2010-29 financiado por el subprograma INNPACTO, MICINN (2010-2013) y FEDER. El objetivo de este proyecto es disponer la solución de acceso como servicio desde la propia web, adaptando los contenidos de la misma.

2.1 Descripción del Sistema

La solución de acceso diseñada para las personas con discapacidad visual (en este estudio una persona ciega) consiste en una interfaz de acceso por teclado y síntesis de voz: el usuario navega por las secciones de la web utilizando el teclado (saltando de una a otra) y la síntesis de voz lee el contenido de la sección a la que se accede. Existe una modalidad avanzada o "modo experto" que se diferencia de la anterior en que permite, mediante las teclas de dirección (flechas), agilizar la navegación accediendo a las secciones a las que se desea con mayor rapidez, ya que el modo normal avanza por las secciones de manera preestablecida (secuencialmente de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

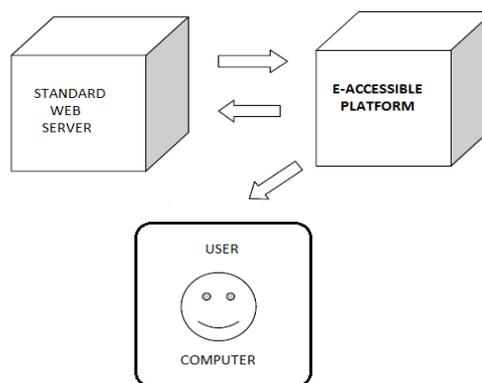


Figura 1: Esquema básico del proceso

La arquitectura técnica que da soporte a esta funcionalidad no puede explicarse de forma detallada por motivos de confidencialidad y seguridad. En esencia la plataforma incluye:

- Servidores de servicios que ofrecen funcionalidad de lectura de contenidos, reconocimiento de voz y soporte al resto de funcionalidad de los modos de comunicación.
- Servidores de reglas. En ellos se almacenan las reglas propias de cada web ya dada de alta en el servicio. Estas reglas se insertan en tiempo real en el código del cliente cuando el usuario solicita navegación accesible insertando código javascript.

El sistema permitirá al usuario con discapacidad visual acceder a la navegación de las páginas web sin necesidad de utilizar su ayuda técnica habitual, lo que supone una gran ventaja, ya que tendrá la posibilidad de acceder a la web desde lugares en los que no disponga de su equipo (desde una biblioteca o cualquier otro lugar).

2.2 Procedimiento

Se contactó con la ONCE (principal organización del colectivo de personas ciegas en España) y se les pidió su colaboración para la realización de las pruebas de navegación web con el sistema Inlusite[®], esta organización contribuyó a través de uno de sus expertos en tiflotecnología, altamente experimentado, también, en el uso de nuevas tecnologías.

En cuanto a la valoración y la recogida de datos se realiza desde el enfoque metodológico cualitativo, haciendo uso de las técnicas de: observación directa, grabación de la sesión (video/audió) pensamiento manifiesto y entrevista posterior.

Para someter a prueba la operatividad del sistema Inlusite[®] se llevaron a cabo tres experiencias (sesiones) de navegación, siempre dentro de las mismas webs, un canal de Televisión (canal 9 <http://www.rtvv.es/va/>) y un diario digital (20 minutos <http://www.20minutos.es/>):

Sesión 1: En primer lugar se observó al especialista navegando con sus ayudas técnicas habituales (JAWS y línea Braille) en su lugar de trabajo, para valorar los problemas usuales de acceso con los que se encuentra (en este caso la navegación fue libre, accediendo a las webs sin el sistema Inlusite[®]).

Sesión 2: Posteriormente se realizó una sesión en la que utilizó sus ayudas habituales (JAWS y línea Braille) en webs adaptadas con el sistema Inlusite[®], para valorar la interacción de sus ayudas técnicas con dicho sistema.

Sesión 3: Finalmente, el experto realizó una navegación en las mismas webs (adaptadas con el sistema Inlusite[®]) sin hacer uso de sus ayudas técnicas.

La navegación se realiza cumpliendo una serie de tareas típicas de cualquier navegación en la red extraídas de [7]: acceder a la versión con el sistema Inlusite[®], insertar texto, leer una noticia, reproducir un contenido multimedia, aparición de pop-ups / banners.

3. RESULTADOS

Sesión 1

Al navegar normalmente con sus ayudas técnicas por las webs sin el sistema Inlusite[®] los resultados fueron estos:

Las dificultades que se encuentran en el lector de pantalla y la línea Braille vienen, en gran medida, determinadas por el incumplimiento de las normas de accesibilidad web dictadas por la WAI (deficiente etiquetación y uso de marcos).

También tiene problemas con los contenidos en flash, dado que en muchas ocasiones no se pueden leer los botones, dificultándose el acceso a dichos contenidos.

La aparición de pop-ups o banners provoca que la página web se reestructure, esto resulta un problema cuando se utiliza la línea Braille, pues dispone de un puntero virtual que se ve desplazado aleatoriamente con la aparición de un pop-up / banner .

En esta modalidad su navegación es sencilla y no tiene problemas (exceptuando los señalados).

Sesión 2

Navegación en webs con la solución de acceso Inlusite[®] en combinación con sus ayudas técnicas.

El tiflotecnólogo nos sugiere que la mejor combinación para esta modalidad es Windows 7 junto con JAWS 13 y el navegador Internet Explorer 9 o el Mozilla Firefox 9.0.1 o versiones posteriores. Las versiones 11 o 12 de JAWS no funcionan mal, si bien es aconsejable disponer de la versión actualizada del mismo.

En general, el experto tiene que irse en muchas ocasiones al inicio de los enlaces, porque no detecta la opción que tiene que elegir, debido al desplazamiento del ratón virtual (a causa del banner) y a que no se cumplen unos mínimos de diseño de las webs, los encabezamientos no están bien definidos. Se produce error en las animaciones flash.

Sesión 3

En este caso el experto navega en webs con el sistema Inlusite[®] haciendo uso de un ordenador convencional sin ninguna de las ayudas técnicas que normalmente usa.

El primer problema al que debe enfrentarse es que alguien le tiene que introducir en la web para activarle las opciones de accesibilidad.

Navegando en el modo normal, cuando hay muchas opciones a seleccionar, es fácil que el usuario se pierda, que llegue un momento en el que no sepa cuál es la opción que le interesaba, esta forma de navegación exige de una alta capacidad de memorización. Además cuando hay muchas opciones se hace muy tediosa la navegación en este modo (recordemos que existe el “modo experto” que permite una navegación más ágil al no leer todas las opciones una a una).

Otro de los problemas hallados es la cumplimentación de formularios (los menús desplegados en concreto). Además, la síntesis de voz lee lo que se está escribiendo, lo que resulta muy inconveniente en caso, por ejemplo, de estar tecleando una clave o password.

En ningún momento ha encontrado dificultades para manejar la interfaz, es más, según su opinión es que en el modo experto el usuario promedio se manejará muy bien.

4. CONCLUSIONES

La primera conclusión es la dificultad que para las personas con discapacidad visual acarrea el incumplimiento de las normas WAI [1]. Los componentes de la web deben estar correctamente etiquetados y debe evitarse la utilización de marcos. El hecho de que mediante la interfaz se solucione este problema resulta muy positivo. En este caso Inlusite[®] tiene la ventaja de ser compatible con ayudas técnicas como Jaws o NVDA, así como de no necesitar que la web cumpla con la WAI para hacer que resulte accesible, como sucede con la iniciativa Webanywhere.

En cuanto a la cumplimentación de formularios (los de menús desplegados especialmente) se proponen dos posibles soluciones para introducir texto: por un lado que la síntesis de voz avise y pida que el formulario sea activado para cumplimentarlo, o que, cuando se llegue al formulario se deba presionar una tecla para activarlo. Una vez ya en el formulario, para solucionar el problema que supone volver atrás, sería interesante un mensaje de voz que advirtiera que opción se seleccionó / cumplimentó. Por otro lado, la síntesis de voz lee lo que se está escribiendo, lo que es un inconveniente cuando se trata de insertar una clave o password, lo que obliga a proporcionar alguna solución en aras de la privacidad.

Es necesario implementar una opción que permita moverse por bloques, líneas y párrafos para poder moverse más rápido y mejor en aquellos casos en los que haya un contenido de texto muy largo dentro de una sección.

Por el momento el sistema se halla en la fase de desarrollo, por lo que es necesario resolver las cuestiones surgidas durante las pruebas. No obstante se considera una iniciativa capaz de mostrar su utilidad y resultar eficaz en el campo de las soluciones ofertadas desde el entorno web.

5. DESARROLLO FUTURO

El principal problema para que el servidor (plataforma) que actúa como intermediario entre la web y el usuario pueda realizar una transcripción automática y eficiente de los contenidos de la web original, consiste en que no existe unidad de criterio por parte de los programadores a la hora de codificar las páginas respetando las normas de la WAI [1]. De modo que una primera acción para posibilitar nuevas líneas de desarrollo debería ser la unificación en la manera de programar la web. Obviamente esto no está al alcance, ni siquiera, de los organismos actualmente a cargo de este problema, no obstante, ello tampoco debe ser motivo para dejar de destacar la necesidad de actuar en tal sentido.

Independientemente de lo anterior, resulta evidente la utilidad y viabilidad de la idea de la web como proveedor de servicios, en este caso de accesibilidad. Existen pocas alternativas para el acceso web de un invidente (o una persona que no pueda hacer uso de sus manos) sin el uso de algún producto de apoyo. Estos productos son caros o en el mejor de los casos, obligan al usuario a llevarlos consigo o a utilizar un ordenador específicamente habilitado, dificultando su movilidad. En la actualidad, por ejemplo, una persona invidente necesita que los dispositivos del entorno incorporen adaptaciones específicas para poder acceder a ellos, pero si acude a una biblioteca pública no podrá utilizar el ordenador de allí para consultar sus bases documentales o su correo. De aquí el interés de ofrecer soluciones de acceso desde la propia web, pensando en que los usuarios puedan disminuir su dependencia de un software y/o dispositivos específicos, por el que además deberán satisfacer un precio no siempre modesto.

Actualmente se está trabajando en el diseño de una página experimental para que reproduzca el entorno web de manera que permita la medición y registro automático de parámetros interesantes a la hora de utilizar la solución (tiempos, errores, log files...) así como para evitar la aparición no controlada de cambios en las webs con las que se ha venido trabajando (actualización de la página, cambios de ubicación de las noticias,

secciones o banners...). La medición de estos parámetros permitirá, también, finalizar las pruebas con un test de learnability, para valorar la curva de aprendizaje con el uso.

Este es un camino que, a nuestro juicio, abre enormes perspectivas para el desarrollo de soluciones de accesibilidad para personas con discapacidad de cualquier tipo (cognitiva, motriz, auditiva...). De hecho, un objetivo interesante será plantear una plataforma capaz de ofrecer todo tipo de soluciones de acceso (zoom, simplificación de texto, barrido, texto a signo...) para cubrir las necesidades de cualquier persona afectada por alguna discapacidad. Consistiría en un sistema que permitiera la generación de un perfil individual de acceso (con las soluciones necesarias para cada individuo) que quedaría almacenado en el servidor y posibilitaría navegar sin necesidad de perfilarse nuevamente. Representaría una solución de acceso alojada en la web y, por tanto, disponible desde cualquier equipo e independiente de las ayudas técnicas de uso habitual.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) su contribución a este estudio, concretamente al experto tiflotecnólogo Miguel Martín Suesta por su excelente disposición y ayuda en las pruebas de navegación.

7. REFERENCIAS

- [1] World Wide Web Consortium. Web Accessibility Initiative. Web Content Accessibility Guidelines. <http://www.w3.org/WAI/intro/wcag.php> [Consulta 17/04/12]
- [2] Conferencia Ministerial de Riga «TIC para una Sociedad Inclusiva» (2006). Declaración Ministerial de Riga, aprobada unánimemente el 11 de junio de 2006.
- [3] T-Systems. Accesibility Report 2007. <http://www.t-systems.es/tsip/es/462222/homepage/solucionesindustrias/topstories/accesibilidad-web> [Consulta 17/04/12]
- [4] OMS centro de prensa (Mayo de 2009), Ceguera y Discapacidad Visual, [Recuperado el 1 de junio de 2011] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>.
- [5] O.M.S. CIE-10. Décima Revisión de la Clasificación Internacional de las Enfermedades. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1992.
- [6] OMS media center (Abril de 2011), Visual Impairment and Blindness. [Recuperado el 1 de junio de 2011] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>
- [7] Alcantud, F., Coret, J., Jimenez, E., Marquez, S., Márquez, A., Moreno, F, Perez, J. et al. (2011). *Inventario y descripción de las soluciones de accesibilidad web existentes para personas con discapacidad Física y Sensorial* (1ª ed.). [CD]. Editorial Marfil S.A. <http://roderic.uv.es/handle/10550/23509>

Percepción de errores de accesibilidad para sensibilizar a usuarios Web 2.0

Afra Pascual
Grupo GRIHO
Departamento de Informática e
Ingeniería Industrial
Universitat de Lleida
apascual@diei.udl.cat

Mireia Ribera
Grupo GRIHO
Departamento de Biblioteconomía y
Documentación
Universitat de Barcelona
ribera@ub.edu

Toni Granollers
Grupo GRIHO
Departamento de Informática e
Ingeniería Industrial
Universitat de Lleida
tonig@diei.udl.cat

ABSTRACT

El artículo presenta la evaluación de accesibilidad de dos plataformas de blog on-line donde se evaluaron las pautas para las herramientas de autor (ATAG 1.0) y las pautas de evaluación de contenido (WCAG 1.0). Los resultados muestran que ninguna de los sistemas analizados llega a un nivel de conformidad adecuado (nivel A) en su configuración por defecto. Los usuarios Web 2.0, productores de contenidos, no tienen la formación adecuada para crear contenido totalmente accesible, y en muchos casos no son conscientes de las barreras de accesibilidad que ellos mismos crean. Además, las herramientas tampoco contribuyen a facilitar esta tarea.

El artículo aborda esta problemática y pretende mostrar cómo los usuarios con discapacidad pueden llegar a percibir el contenido web. Sensibilizar a los usuarios Web 2.0 sobre los aspectos de accesibilidad más problemáticos en entornos interactivos, contribuirá de forma positiva a la creación de contenido Web accesible.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 User/Machine Systems

K.4 COMPUTERS AND SOCIETY

General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors, Verification.

Keywords

Accesibilidad web, Evaluaciones de accesibilidad, Comunicabilidad

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales aspectos que el contexto actual de la Web 2.0 es, sin duda, la posibilidad de que cualquier persona puede generar contenido en la Web, sin embargo esta enorme ventaja amenaza otra de las cualidades que la web debe disponer, “la Web para todos” [1]. Actualmente los llamados usuarios editores Web 2.0 [2] crean y publican contenido, pasando de ser consumidores a ser productores de contenido. Pero ¿qué sucede cuando el contenido generado no cumple una serie de requisitos de accesibilidad? En general, los usuarios Web 2.0 ni tan solo son

conscientes de las barreras de accesibilidad que ellos mismos han creado, pues los entornos interactivos de publicación de contenido Web no ofrecen suficiente soporte para cumplir de forma adecuada las pautas de accesibilidad e incluso en algunos casos las dificultan. Además, las pautas de accesibilidad se muestran de manera muy técnica e incluso webmasters o editores de contenido profesionales tienen dificultades para comprender estos principios básicos.

Destaca un aspecto importante a tener en cuenta: al editar contenido Web, se debería considerar la importancia jurídica de las Pautas de Accesibilidad del Contenido Web (WCAG) [3], [4] y [5], las Pautas de Accesibilidad para las Herramientas de Autor (ATAG) [6] y las Pautas de Accesibilidad para Aplicaciones de Usuario (UAAG) [7] para garantizar un contenido accesible. Sin embargo, cómo se demuestra en [8] y [9], ello está lejos de la realidad.

El presente trabajo aborda esta problemática y pretende mostrar cómo el contenido web es percibido por los usuarios con discapacidad como primer paso para sensibilizar a los usuarios Web 2.0 sobre los aspectos de accesibilidad más problemáticos.

Para ello se creó un blog en cada una de las plataformas blogs más utilizadas actualmente: Blogger y Wordpress con la misma configuración por defecto. No se modificaron las plantillas internas, ni el código de las hojas de estilo. No se realizó ninguna modificación de apariencia utilizando la herramienta de “asistente de diseño” que ofrece cada una de las plataformas. No se realizó ninguna instalación de módulos externos.

En cada blog se añadieron los siguientes elementos: encabezados y títulos; distintos elementos de texto: listas, énfasis (negrita) y citas; texto en un idioma distinto al del contenido principal; enlaces internos y externos; imágenes, sumario y elementos multimedia (video) – en Wordpress no se pudo incluir video. Las páginas creadas en el contexto del estudio pueden consultarse en las siguientes direcciones Web de cada plataforma blog: Blogger¹ y Wordpress².

2. EVALUACIÓN

2.1 Metodología de evaluación

Un único evaluador experto evaluó el cumplimiento de las pautas para las herramientas de autor (ATAG versión 1.0), los resultados pueden consultarse en la sección 4.2.1. También realizó una evaluación de las pautas de accesibilidad para el contenido

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 '12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

¹ Blog creado utilizando la plataforma Blogger:
<http://pruebaaccesibilidadblog.blogspot.com/>

² Blog creado utilizando la plataforma Wordpress:
<http://pruebaaccesibilidadblog.wordpress.com/>

(WCAG versión 1.0)³ de forma automática con HERA⁴, con Accessible⁵ y con la herramienta PISTA⁶. Posteriormente, realizó una evaluación manual con la ayuda de la barra de herramientas WAT de IExplorer⁷ y el complemento de Firefox Web Developer⁸. Además, el mismo experto hizo un screening con la ayuda técnica Job Access With Speech (JAWS)⁹ versión 13.0 y se visualizó el contenido web en el navegador de texto Lynx Browser¹⁰. Los resultados pueden consultarse en la sección 4.2.2.

2.2 Resultados de la evaluación

2.2.1 Análisis de pautas ATAG

La Tabla 1 muestra los errores de accesibilidad de las pautas ATAG según nivel de prioridad (1, 2, 3 y relativa). Los puntos de verificación de prioridad relativa, son aquellos que dependen de la prioridad correspondiente en las WCAG. Además se añade el porcentaje (en la columna Total) de las pautas que se cumplen y se incumplen. Los principales errores son los siguientes: las alternativas a imágenes (pauta 3.4) o a elementos multimedia (pautas 3.1, 3.5); la validez del código (pautas 1.3, 3.3); y la falta de información o asistencia a los autores (pautas 4.1, 4.2, 6.2, 6.3, 4.4 y 2.3). La plataforma Blogger, además, no utiliza las últimas recomendaciones de W3C (pauta 2.1) ni genera etiquetas validas (pauta 2.2) ni permite generar código accesible (pauta 5.1).

Tabla 1. Cumplimiento de las pautas ATAG

Prioridad		1	2	3	Relativa	Total
Blogger	Correctas	3	3	1	1	28,57%
	Incorrectas	5	4	4	7	71,43%
Wordpress	Correctas	5	5	1	2	46,43%
	Incorrectas	3	2	4	6	53,57%

2.2.2 Análisis de pautas WCAG

La Tabla 2 muestra la cantidad de errores de las pautas WCAG 1.0 según nivel de prioridad (1, 2 y 3). Los valores de la columna % son los errores obtenidos en porcentaje respecto al total.

Tabla 2. Cumplimiento de las pautas WCAG 1.0.

Prioridad	BLOGGER				WORDPRESS			
	1	2	3	%	1	2	3	%
Revisión automática	2	4	2	12,50	0	3	0	4,6
Revisión manual	5	12	2	29,69	4	9	3	25,00

2.2.3 Causas de los problemas de accesibilidad

La Tabla 3, obtenida de los errores presentados en la Tabla 2, muestra los problemas de prioridad 1 y 2 analizados en ambas plataformas blog y los problemas presentados únicamente en la plataforma Blogger. Se indica si el origen del problema viene causado por la plantilla (el usuario introduce correctamente la información pero el código generado es incorrecto, por el usuario (el usuario podría incluir información para facilitar la accesibilidad pero no lo hace) o por el editor web (el editor web no permite indicar información relevante para la accesibilidad).

Tabla 3. Causa de los errores de accesibilidad detectados

Problema WCAG 1.0	Origen
Errores comunes detectados en ambas plataformas	
1.1 Equivalente textual para cada elemento no textual (1)	Usuario
2.1 Textos y gráficos comprensibles sin color (1)	
10.1 Apertura de enlaces en "nueva ventana "(2)	
4.1 Identificar texto con idioma distinto que en la página principal (1)	Editor Web
3.5 Transmitir la estructura lógica (2)	
12.1 Título para los frames (1)	Plantilla
2.2 Combinaciones de colores de fondo y primer plano con contraste (2)	
3.2 Crear documentos validados por gramáticas formales publicadas (2)	
6.4 Independencia del dispositivo de entrada (2)	
10.4. Caracteres por defecto en cuadros de texto (2) (error manual en Blogger y automático en Wordpress)	
12.2 Descripción de relación entre frames (2)	
12.3 Agrupar información del contenido y formularios (2)	
13.2 Proporcionar metadatos con información semántica (2)	
13.1 Identificar claramente el objetivo de cada vinculo (2)	
11.1. Utilizar estándares de W3C siempre que sea posible (2)	
11.2. Uso de elementos desaconsejados por la tecnología W3C (2) (error "automático" en Blogger y manual en Wordpress)	
Errores de accesibilidad en la plataforma Blogger	
1.4. Sincronizar alternativas para presentaciones multimedia (Subtítulos) (1)	Usuario
5.1 En tablas de datos, identificar encabezados de filas y columnas. (1)	Plantilla
5.2 En tablas de datos con más de un nivel lógico, asociar las celdas de encabezamientos y las celdas de datos. (1)	
3.4. Uso de unidades relativas en lugar de absolutas (2)	
5.3. No usar tablas para la maquetación (2)	
10.2 Asociar los controles de formulario con una etiqueta (2)	
12.4. Identificar de forma explícita etiquetas y controles de formularios (2)	

En vista a los datos, podría considerarse que Wordpress es un poco más accesible respecto a Blogger. Los resultados se han organizado siguiendo el criterio: si el error es atribuible al usuario creador del contenido (porque no ha añadido la característica de accesibilidad), al editor Web (por que no permite la opción en la interfaz) o a la plantilla (porque no valida correctamente las pautas de accesibilidad). Es importante señalar que si el editor Web, la plantilla o la plataforma blog son los causantes del error, el usuario puede hacer poco para evitar que se produzca el problema de accesibilidad.

A continuación se describen los problemas de accesibilidad más importantes a destacar obtenidos de la Tabla 3:

³ Esta versión está más soportada por los evaluadores automáticos, y era igual de válida para el efecto demostrativo.

⁴ HERA: <http://www.sidar.org/hera/>

⁵ Accessible: <http://www.accessible-eu.org/index.php/evaluation-portal.html>

⁶ PISTA: <http://www.pistaaccesibilidad.com/>

⁷ WAT de IExplorer: <http://www.pacielogroup.com>

⁸ Firefox Web Developer <http://chrispederick.com/work/web-developer/>

⁹ JAWS: <http://www.freedomscientific.com/jaws-hq.asp>

¹⁰ Lynx Browser: <http://lynx.browser.org/>

- **Usuario:** Los usuarios editores tienen la oportunidad de minimizar los errores de accesibilidad de sus publicaciones, pero desconocen que el contenido que producen puede provocar problemas a las personas con discapacidad. Según los errores analizados, depende exclusivamente del usuario añadir en el contenido del blog imágenes sin contraste (pauta 2.1), o añadir enlaces que se abran en nueva ventana (pauta 10.1). Respecto a añadir un texto alternativo a la imagen con el elemento ALT (pauta 1.1), las plataformas analizadas no muestran de forma intuitiva la opción de añadir un texto alternativo a una imagen con el editor Web. Respecto a elementos multimedia como los videos, Blogger permite añadir este elemento al contenido utilizando el editor Web pero no permite añadir subtítulos o texto alternativo asociado a dicho elemento multimedia, que deben en todo caso, estar contenidos en el video original.
- **Editor Web:** El usuario no puede identificar un idioma distinto para un texto (pauta 4.1) o crear encabezados: H1, H2, H3, etc. (pauta 3.5).
- **Plantilla:** Las plantillas usadas no identifican los marcos y su relación (pautas 12.1 y 12.2), no poseen una cabecera de metadatos adecuada (pauta 13.2), no agrupan los elementos de formularios que se muestran en la parte inferior de ambas plantillas (pauta 12.3), los enlaces no tienen un contraste suficiente (pauta 2.2) y no validan correctamente el código XHTML (pauta 3.2).

En algunos casos, los errores tienen dos orígenes simultáneamente. Por ejemplo, si no se identifica el objetivo de cada vínculo (pauta 13.1) puede ser porque la plantilla no permite añadir esta información, como ocurre con Blogger o bien, como en Wordpress, porque el usuario no añade esa información. En Blogger, la plantilla y el editor Web no utilizan los estándares aconsejados por W3C (pauta 11.1 y 11.2).

3. PERCEPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Con efectos demostrativos, se han analizado cómo algunos colectivos de usuarios discapacitados perciben distintos elementos de contenido. Se han considerado únicamente las barreras de accesibilidad que afectan las discapacidades de baja visión y ceguera [10] y se ha centrado únicamente la visualización en tres tipos de contenido presente en las plataformas blog analizadas: listas, que no ofrecen ningún tipo de barrera de acceso; encabezados, que el editor Web no permite etiquetar de forma correcta y, contenido multimedia, el cual, depende de la formación del usuario el proveer características de accesibilidad adecuadas. Las figuras muestran distintas vistas del contenido: código fuente, percepción por un navegador visual; presentación en un navegador de texto (Lynx Browser) y percepción por un navegador de voz (JAWS). En éste último caso, se han marcado diversos comandos del navegador de voz con texto en fondo gris que facilitan la navegación y comprensión del contenido de las páginas web.

3.1 Listas

En relación a los elementos de lista (figura 1), la Tabla 3 no muestra ningún problema asociado a este tipo de contenido y los casos analizados muestran un código accesible.

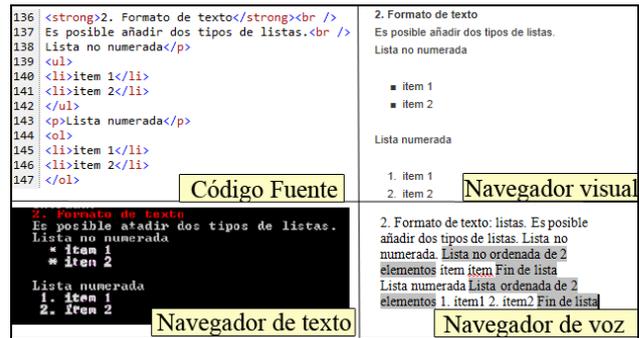


Figura 1. Percepción de elementos de lista.

3.2 Estructuración de contenido (encabezados)

La percepción por el navegador de texto no diferenció el contenido textual de los títulos de encabezados (Figura 2). La percepción por el navegador de voz tampoco identificó ningún comando adicional que diferenciara el contenido de los títulos y repercutió negativamente limitando la navegación por la estructura de contenidos. Por ejemplo, JAWS permite mediante el comando (Insert+F7) listar todos los encabezados de la página, pero si la página no identifica a nivel de código fuente cuales son éstos elementos, el listado aparece vacío.

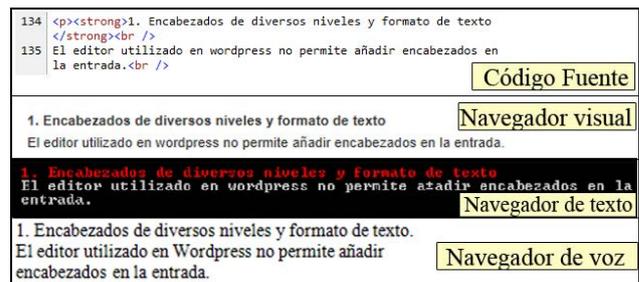


Figura 2. Percepción de elementos de título.



Figura 3. Percepción de elementos de encabezado.

Únicamente se añadían elementos de encabezados correctos en las plantillas utilizadas para la creación de contenido en ambas plataformas blog. La Figura 3 muestra la cabecera del blog creado en Blogger y se observan los elementos de encabezados correctos a nivel de (H1, H2, H3) que se han añadido en la plantilla. Aunque la percepción por el navegador textual no cambia, la percepción por el navegador de voz se muestra de forma distinta y los elementos de encabezados se marcan como comandos de título (texto en fondo gris) para que el usuario perciba una diferencia entre los distintos elementos del contenido y pueda apreciar los diversos niveles de encabezado.

En relación a los resultados analizados en la Tabla 3 los usuarios tendrán dificultades de navegar por el contenido porque no se ofrecen elementos estructurales de forma apropiada.

3.3 Elemento multimedia (vídeo)

Los elementos multimedia como los videos sólo se añadieron utilizando el editor Web de Blogger pues Wordpress no permite esta opción en su editor Web (en su configuración por defecto).

7. Elemento multimedia (vídeo)

El editor web permite añadir un video des de distintas fuentes: subir un video del usuario, enlazar un video de youtube o subir un video del movil.

7. Elemento multimedia (vídeo) El editor web permite añadir un video des de distintas fuentes: subir un video del usuario, enlazar un video de youtube o subir un video del movil.

7. Elemento multimedia (vídeo) El editor web permite añadir un video des de distintas fuentes: subir un video del usuario, enlazar un video de youtube o subir un video del movil. Inicio de animación Flash no etiquetado 1 botón url botón no etiquetado 3 botón WCAG 2.0 Theme Song web... no etiquetado 7 botón no etiquetado 8 botón-embed objeto width=640 height=360-param name=mobilvalue=http://www.youtube.com/v/gma2AWvqk&fs=1&source=uds Player version=3-param name=javascript acces value= true-param-embed src=http://www.youtube.com/v/gma2AWvqk&fs=1&source=uds type=application/x-shockwave-flash"><embed Player version=3 type=application/x-shockwave-flash"><embed width=320 height=266 src=http://www.youtube.com/v/gma2AWvqk&fs=1&source=uds">player embeded play/pause botón no etiquetado 13 botón volumen mute botón no etiquetado 17 botón no etiquetado 19 botón no etiquetado 20 botón no etiquetado 23 botón Fin de animación Flash

Figura 4. Percepción de elementos de vídeo.

En relación a los elementos multimedia de tipo video (figura 4), la Tabla 3 muestra diversos problemas asociados a este tipo de contenido y los casos analizados conducen a pensar que las personas con discapacidad tendrían graves dificultades para acceder a ellos. El usuario con discapacidad puede percibir que en el contenido se halla un elemento flash (inicio/fin elemento flash), sin embargo, aunque el navegador de voz accede a los botones de reproductor del video, el usuario no puede diferenciar los botones que permiten controlar el inicio del video. Estos elementos se presentan con el texto (botón no etiquetado) Por la manera de añadir el elemento video en las plataformas blog analizadas, es responsabilidad del usuario Web 2.0 proporcionar una transcripción o resumen del video para facilitar a todos los usuarios el acceso.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los blogs son un tipo de sistema de gestión de contenido (CMS) que permiten a los usuarios publicar contenido. Sin embargo, las configuraciones estándar no facilitan en ningún modo la creación de contenido correctamente accesible. Ninguna de las plataformas blog analizadas llegan a un nivel de conformidad adecuado (nivel A) en su configuración por defecto, aunque Wordpress muestra unas características un poco más completas. Los errores de accesibilidad correspondiente a las plataformas blog estudiadas se deben principalmente a una serie de razones:

- No permiten la creación de contenido completamente accesible, para ello se deberían reconfigurar diversos aspectos como el editor Web y validar la accesibilidad de las plantillas utilizadas para mostrar el contenido.
- No informan ni asisten a los autores de los problemas de accesibilidad que tiene el contenido creado (pautas 4.1 y 4.2 de las ATAG). Éste es un resultado preocupante porque ofrecer este tipo de información ayudaría en gran medida a reducir la

cantidad de errores de accesibilidad producidos por los usuarios editores de contenido, y es el foco de este artículo.

Consideramos que ofrecer una vista de los errores más graves de accesibilidad antes de la publicación final de un contenido web, puede ayudar a que el usuario Web 2.0 sea más consciente de los problemas que causa a los usuarios con discapacidad. Ello contribuirá de forma positiva a la creación de contenido accesible.

Como trabajo futuro se plantea el hecho de extender el estudio realizado a la percepción de elementos de contenido por otros tipos de discapacidades y avanzar en propuestas alternativas de comunicación de errores de accesibilidad. Esto permitirá comunicar mejor los errores de accesibilidad a usuarios Web 2.0 sin formación específica en problemas de accesibilidad. También se considerará comunicar los resultados de este estudio más amplio a los responsables de las plataformas estudiadas. Otro aspecto a considerar sería analizar otras plataformas blogs, evaluar el contenido Web bajo pautas de WCAG 2.0 y realizar una prueba de usuarios para verificar si los usuarios Web 2.0 entienden este nuevo mecanismo para comunicar los errores que ocasionan sus entradas de blogs.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido financiado por una beca predoctoral de la Universitat de Lleida concedida a Afra Pascual.

6. REFERENCES

- [1] Berners-Lee, T. Long Live the Web: A Call for Continued Open Standards and Neutrality. *Scientific American* December 2010 <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=long-live-the-web>
- [2] O'Reilly, T. What is Web 2.0. Design patterns and business models for the next generation of software. O'Reilly Media, (2005). Último acceso, abril de 2012. <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>
- [3] Chisolm, W., Vanderheiden, G., Jacobs, I. Web Content Accessibility Guidelines 1.0, World Wide Web Consortium, 1999. Último acceso abril de 2012: <http://www.w3.org/TR/WCAG10>
- [4] Real Decreto 1494/2007 BOE núm. 279 de 21/11/2007, páginas 47567 a 47572. Último acceso, abril de 2012: http://www.boe.es/boe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-2007-19968
- [5] Italian Government. Requisiti tecnici e i diversi livelli per l'accessibilità agli strumenti informatici. July 2005. G. U. n. 183 8/8/2005. Último acceso, abril de 2012: <http://www.pubbliaccesso.it/normative/DM080705.htm>
- [6] Treviranus J., McMathieNevile C., Jacobs I., Richards J. Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0, World Wide Web Consortium 2000 Último acceso abril de 2012: <http://www.w3.org/TR/WAI-AUTOOLS>
- [7] Jacobs, I. Gunderson, J. Hansen, E. User Agent Accessibility Guidelines 1.0, World Wide Web Consortium 2002 Último acceso, abril de 2012 <http://www.w3.org/TR/WAI-USERAGENT/>
- [8] López, JM, Pascual, A, Masip, L, Granollers, T, Cardet, x. Influence of Web Content Management Systems in Web Content Accessibility. *Interact 2011 Lecture Notes in Computer Science*, 2011, Volume 6949/2011, 548-551, DOI: 10.1007/978-3-642-23768-3_79.
- [9] López, JM, Pascual, A, Meduina, C, Granollers, T. Methodology For Identifying And Solving Accessibility Related Issues In Web Content Management System Environments. *Intl. Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility, W4A2012* (2012). Lyon.
- [10] Brajnik, G. Web accessibility testing with barriers walkthrough. Último acceso, abril de 2012. Disponible on-line: <http://www.dimi.uniud.it/giorgio/projects/bw>

Análisis de publicaciones sobre usabilidad de la web para personas con discapacidad cognitiva de 2002 a 2011

Esteban Jiménez
esteban.jimenez@uv.es

Sebastián Márquez
sebastian.marquez@uv.es

Frank Moreno
frank.moreno@uv.es

Javier Coret
javier.coret@uv.es

Francisco Alcantud
francisco.alcantud@uv.es

Departamento de Psicología Evolutiva y Educación
Universidad de Valencia, España
<http://acceso.uv.es>

RESUMEN

En este documento presentamos una revisión sistemática de lo publicado durante los últimos diez años sobre la usabilidad de la web para personas con discapacidad cognitiva. Nuestro objetivo es conocer cuál es el estado actual sobre el tema de la usabilidad en relación con las personas que sufren discapacidad cognitiva para estudiar las dificultades que presentan y las soluciones futuras. Se ha procedido a realizar una revisión sistemática en las bases de datos especializadas de distintas disciplinas científicas. Se describen los resultados obtenidos y se analizan estudios empíricos donde se evalúa la usabilidad de webs para personas con discapacidad cognitiva. Se presentan conclusiones y líneas de futuro.

Categorías y Descriptores

K.4.2 [Social Issues]: Assistive technologies for persons with disabilities.

Términos generales

Documentation, Human Factors.

Palabras claves

Usabilidad web, accesibilidad, discapacidad cognitiva, pensamiento manifiesto.

1. INTRODUCCIÓN

La accesibilidad y la usabilidad son dos aspectos íntimamente ligados en la interacción persona-ordenador (IPO), diríamos jerárquicamente relacionados de modo que la accesibilidad al ordenador es condición sine qua non para que se de la usabilidad.

El concepto de 'usabilidad' puede definirse como el nivel con el que un producto se adapta a las necesidades del usuario y puede ser utilizado por los mismos para lograr unas metas con

efectividad, eficacia y satisfacción en un contexto específico de uso [1].

Según Alcantud [2], la usabilidad se compone en mayor o menor medida de: la efectividad; la eficiencia -medida por índices indirectos como facilidad de aprendizaje (learnability), memoria y retainability-; y el nivel de satisfacción.

Las personas con discapacidad cognitiva o intelectual muestran déficits en sus habilidades intelectuales y presentan dificultades en pensamiento, comunicación, expresión de emociones, percepción, atención, memoria, formación de conceptos o de reglas. También pueden mostrar problemas en su comportamiento, en su conducta adaptativa y/o en la comprensión de situaciones sociales [3].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [4], más de mil millones de personas, un 15% de la población mundial, padece alguna forma de discapacidad. En España, según el Instituto Nacional de Estadística [5], en 2008 había 3.787.400 personas con discapacidad, de las que 1.211.400 tenían discapacidad cognitiva o intelectual -incluyendo déficits cognitivos, retraso madurativo y demencias-.

Cuando las personas con discapacidad cognitiva se enfrentan a una web o a la interacción con un ordenador, pueden presentar problemas para acceder y usar la web, problemas en la comprensión de la información, procesamiento de lenguaje y números, problemas en atención, en comunicación, en memoria o en resolución de problemas y dificultades en la toma de decisiones que se presentan en la navegación, etc. De todo ello, se deriva la necesidad de diseñar la web teniendo en cuenta las necesidades de este colectivo con el fin último de facilitar el acceso a las tecnologías de información y comunicación y lograr un diseño de la web para todos.

El objetivo de este trabajo es conocer cuál es el estado actual sobre la usabilidad en la interacción persona-ordenador (IPO) y, en concreto, usabilidad de la web en personas que sufren discapacidad cognitiva, las tendencias en las investigación y las metodologías utilizadas.

2. PROCEDIMIENTO

Se procedió a realizar una revisión de lo publicado en las principales bases de datos de las distintas disciplinas científicas implicadas en el tema, para obtener una idea ajustada del estado del arte.

Bases de datos: Dado que la usabilidad es un concepto interdisciplinar y que engloba aspectos de distintas áreas de conocimiento, como son ingeniería, psicología, medicina o educación, utilizamos bases de datos de referencia en cada disciplina, que sean punteras en volumen de publicaciones y respaldadas por instituciones científicas de reconocido prestigio.

- En medicina, Medline.
- En psicología, PsycINFO, PsycARTICLES y PsycCRITIQUES.
- En educación, ERIC.
- En ingeniería, IEEE Xplore.
- Por último, se consultan también otras bases de datos genéricas. Google Académico o Google Scholar, y Science Direct.

Descriptores: Se refieren a la usabilidad (*usability*), la discapacidad (*disorder, impairment, impaired, disability, disabled*) y la web (*web*). Los grupos de descriptores se unen con el boleano AND mientras los diversos términos referidos a discapacidad se unen con el boleano OR. Cuando ha sido posible hemos utilizado los descriptores *impair** y *disab**.

Las búsquedas se realizan en los campos de búsqueda de título y de resumen (*title y/o abstract*), con el fin de excluir documentos que no traten de manera central la usabilidad de la web para personas con discapacidad.

Criterio de inclusión: Se incluyen estudios empíricos que realicen evaluaciones de la usabilidad de la web con participantes con discapacidad cognitiva y que se hayan publicado entre 2002 y 2011.

3. RESULTADOS

Presentamos los resultados obtenidos de las búsquedas en las bases de datos (tabla 1), con el total de documentos que tratan la usabilidad -búsqueda 1-, los que tratan la usabilidad en discapacidad -2-, y los que se centran en la usabilidad de la web en discapacidad -3-, así como sus evoluciones a lo largo de los últimos 10 años (figura 1).

Tabla 1: Número de documentos obtenidos en cada búsqueda en las bases de cada área de conocimiento.

ÁREA DE CONOCIMIENTO	1	2	3
PSICOLOGÍA	2079	157	25
MEDICINA	2888	171	12
EDUCACIÓN	645	40	11
INGENIERÍA	5002	119	20
GENÉRICAS	14337	151	18
TOTAL	24951	638	86

Para nuestro análisis, nos centraremos en los documentos de las búsquedas que relacionan la usabilidad y la discapacidad cognitiva -búsquedas 2 y 3-. Para ello, aplicamos a los resultados obtenidos en las búsquedas bibliográficas criterios para clasificar según el dispositivo tecnológico al que hacen referencia y según el tipo de discapacidad, eliminando documentos repetidos.

Entre todos los documentos obtenidos (461) seleccionamos los que tratan de discapacidad cognitiva. Son 84 artículos los que tratan sobre usabilidad en discapacidad cognitiva entre 2002 y 2011. La investigación en este tipo de discapacidad se ha centrado mayoritariamente en el desarrollo de software (20 documentos).

También se ha investigado en tecnología de móviles (7 documentos), en la realidad virtual o aumentada (7), geolocalización (3), hardware (2), consolas tipo Wii y juegos multimedia (4). No hemos encontrado estudios de evaluación de usabilidad en discapacidad cognitiva sobre los dispositivos tipo tabletas, que se caracterizan por su facilidad de acceso y uso y podrían ser usables por este colectivo de usuarios.

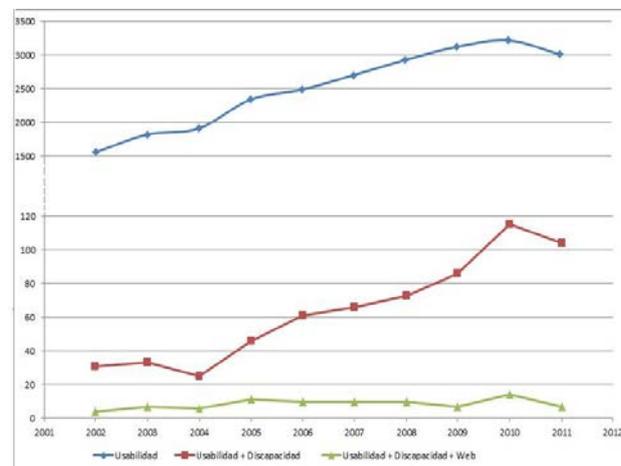


Figura 1: Evolución de número de publicaciones por años en las búsquedas 1, 2 y 3.

Otros 32 artículos tratan la usabilidad en otros ámbitos ajenos a la interacción entre la persona con discapacidad cognitiva y el ordenador, como pueden ser uso de robots, instrumentos o tests, programas de intervención, etc.

Por último, la usabilidad de la web en discapacidad cognitiva es estudiada en 9 artículos. De esos 9, hay uno del que no hemos podido obtener el documento completo y no lo incluimos en nuestra revisión [6]. De los 8 restantes, dos de ellos son teóricos [7,8] y 6 artículos contienen estudios empíricos con muestras de discapacidad cognitiva [9,10,11,12,13,14]. A esos 6 estudios empíricos agregaremos 4 estudios sobre software [15, 16, 17, 18] que adapta la web para facilitar el acceso del usuario con discapacidad cognitiva y también resultan interesantes para nuestro estudio. En definitiva, son 10 los estudios empíricos analizados en esta revisión.

En relación a la metodología, es interesante el trabajo que realizaron Petrie et al. [14] sobre metodología de evaluación remota de la usabilidad web, donde compararon las evaluaciones locales con las evaluaciones remotas asíncronas. Encontraron que, en lo relativo a datos cuantitativos sobre la ejecución de la tarea, los resultados de ambas evaluaciones eran comparables, mientras que los resultados cualitativos no lo eran por darse mayor profundidad y riqueza.

Entre los estudios teóricos, Appleyard [7] hizo una revisión de la metodología utilizada para la evaluación de la usabilidad de webs sobre información de salud como paso previo para posteriores investigaciones que permitiesen definir un modelo de evaluación y mejora de la accesibilidad y usabilidad de webs de salud. Appleyard encontró que los estudios utilizaban para la evaluación de la usabilidad entrevistas contextuales, observaciones de campo, cuestionarios para el usuario o grupos focales, implicando en la evaluación tanto a usuarios con discapacidad como a cuidadores directos. Mariger [8] definió los aspectos básicos de la

accesibilidad y la usabilidad a la web y describió los problemas habituales del diseño de la web para discapacidad cognitiva. En este artículo, el autor nos recuerda que la mayoría de los esfuerzos en mejorar la accesibilidad a la web se han dedicado a la discapacidad visual y al desarrollo de software que permita utilizar la web.

En cuanto a estudios empíricos, es importante resaltar la importancia que se da a la evaluación de la accesibilidad en la evaluación de la usabilidad. Tres estudios evaluaban accesibilidad centrándose en analizar si la web cumplía las directrices de accesibilidad de la WAI, mostrando que la aplicación de estas normas no garantiza una buena accesibilidad a usuarios afectados por discapacidad cognitiva. Romen y Svanaes [9,10] evaluaron la accesibilidad de la web y buscaron validar empíricamente las directrices WCAG mediante tests de usabilidad. Se compararon los problemas encontrados en el test con las directrices WCAG y se observó que de todos los problemas de accesibilidad que tuvo el grupo de discapacidad, sólo el 27% fue identificado por las WCAG, por lo que se puede concluir que la aplicación de las WCAG no asegura la accesibilidad de la web. Karreman et al. [12] evaluaron la usabilidad de 2 sitios web, una adaptada según las normas WAI y la otra sin adaptación. Los resultados muestran que en términos de eficiencia (medida por tiempo de búsqueda y lectura) la aplicación de las directrices no tiene efectos positivos. Mientras que en términos de efectividad, la adaptación del contenido verbal funciona bien para lectores con discapacidad intelectual, ventaja que no se observa en usuarios sin discapacidad intelectual, excepto en tareas en las que se debe buscar una respuesta literal en el texto, en cuyo caso la versión adaptada de la web funciona mejor. Por tanto, la aplicación de las normas de la WAI no mejoró la eficiencia aunque sí mejoraron la efectividad.

Otros estudios evaluaron usabilidad de la web con resultados opuestos. Choi et al. [11] evaluaron la usabilidad de las 10 webs más visitadas de Corea. Se realizaron tareas típicas de la web y se midieron tiempos de ejecución, tasa de éxito y errores cometidos. Los resultados mostraron que el grupo de discapacidad tenía más dificultades para navegar por las webs evaluadas. La usabilidad de las webs analizadas era muy pobre. En otro estudio, con diferentes resultados, Newby y Groom [13] valoraron la usabilidad de una web de salud que da servicios de rehabilitación a sujetos con daño cerebral adquirido. Los resultados de la tarea realizada y el cuestionario posterior dieron una valoración favorable de la usabilidad de la web. La mayoría realizó la tarea propuesta sin errores y con rapidez. La opinión subjetiva de los usuarios sobre la web también fue muy positiva.

Entre las investigaciones sobre software y discapacidad, también aparecen estudios interesantes que evalúan software adaptativo que puede mejorar el uso de la web para personas con discapacidad cognitiva. El estudio en 2002 de Chu y colaboradores [18] persiguió evaluar la usabilidad de un navegador web adaptado. Se evaluó la simplicidad y efectividad del navegador. Los resultados mostraron que se facilita la comprensión y el acceso a la web con el navegador adaptado, mostrando mayor simplicidad y efectividad. Money et al. [17] probaron en un ensayo una aplicación (DIADEM) que mejora el acceso al contenido de un formulario online para detectar deterioros cognitivos, concluyendo que la aplicación DIADEM hace más usable el contenido de la web para personas con discapacidad cognitiva. Fryia et al. [16] aplicaron una interfaz para uso de plataforma de e-learning en la web para estudiantes de 12 a 18 años. Se obtuvo un alto grado de usabilidad y el sujeto

mostró satisfacción con el sistema. Por último, Sutcliffe et al. [15] plantearon una interfaz para el uso de email con cuatro variantes con diferentes grados de apoyo para usuarios con discapacidad cognitiva, y evaluaron su usabilidad. Los resultados del estudio nos muestran que aparecieron problemas de usabilidad debidos a las dificultades de aprendizaje. Las diferencias individuales hacen que no haya un tipo de interfaz para email superior a otro en usabilidad y sí hacen necesario la adaptación de la interfaz a las características individuales de cada sujeto. La mayoría de participantes prefiere variantes de formato libre, sin limitaciones.

4. CONCLUSIONES

La usabilidad en general y la usabilidad en discapacidad son materias de interés creciente (ver figura 1), aunque todavía es escasa la producción de estudios de usabilidad en personas con discapacidad. De lo anterior se deduce la necesidad de investigación y desarrollo de la usabilidad y accesibilidad a la web para personas con discapacidad. Pero entre los distintos tipos de discapacidad hay diferencias en esa necesidad, dado que en el caso de la discapacidad visual se han promovido soluciones que suponen mayores posibilidades de acceso y uso de la web [8], cosa que no ha ocurrido en la discapacidad cognitiva.

Una segunda conclusión pasa por reconocer la pluralidad de ámbitos de estudio que se realizan dentro de la usabilidad para la discapacidad cognitiva, si bien todos redundan en facilitar la interacción entre el usuario y un dispositivo tecnológico.

Las temáticas que abordan los estudios analizados en esta revisión afectan, principalmente, a tres ámbitos: detección de problemas de usabilidad en webs que aplican las directrices de la WAI -cuyo cumplimiento, por cierto, no garantiza la usabilidad con perfiles cognitivos-, usabilidad de webs que ofrecen servicios de salud (servicios de rehabilitación, detección de deterioro cognitivo o abandono del hábito tabáquico) y, por otro lado, evaluación de software para facilitar el uso de la web.

Aplicando las directrices de la WAI del W3C, se han encontrado serios problemas de accesibilidad a la web [9,10], y buena efectividad aunque mala eficiencia en su uso [12], lo que nos invita a ir mucho más allá de lo que nos pide estas directrices en el acceso universal a la web y su aplicación para personas con discapacidad cognitiva. Los resultados muestran, como esperábamos, que las personas con discapacidad cognitiva tienen más dificultades para navegar por la web que personas sin discapacidad.

Los estudios sobre usabilidad de páginas web en personas con discapacidad cognitiva nos muestran un éxito -en términos de eficiencia, satisfacción, etc.- en su uso [13], a pesar de las dificultades en la navegación [11]. Por otro lado, la aplicación de software para mejorar el acceso y uso de la web por personas con discapacidad cognitiva muestra buenos resultados en usabilidad de la web -en términos de facilidad de uso y efectividad- [16,17,18], aunque también problemas en facilidad de aprendizaje o learnability [15], por las dificultades de aprendizaje propias de los usuarios con discapacidad cognitiva.

Podemos concluir confirmando los lentos avances que se han dado en los últimos años en la mejora de la usabilidad de la web para personas con discapacidad cognitiva. Muchas páginas web no cumplen las directrices de la WAI y, además, su cumplimiento no asegura ni la accesibilidad de la página web para personas con discapacidad cognitiva ni que sea usable para estos usuarios.

Finalmente, en metodología de investigación en usabilidad web resulta muy interesante desarrollar un modelo integrado objetivo-subjetivo de evaluación, en el que se recojan datos objetivos de la navegación por la web -de la ejecución de las tareas, velocidad, errores, etc.- así como la recogida de datos subjetivos para valorar la satisfacción del sujeto o la observación de su conducta durante la sesión de experimentación. Para el primer tipo de evaluación, es útil el registro de logfile y el entorno de laboratorio. Para el segundo tipo, son útiles herramientas de evaluación como la grabación de la sesión con video o audio o la técnica de pensamiento manifiesto, además de cuestionarios o entrevistas.

Entre los puntos débiles de nuestra revisión, apuntamos que el concepto de discapacidad cognitiva resulta muy genérico y en las búsquedas realizadas puede haber obviado estudios que tienen como palabras clave conceptos más concretos referidos a trastornos específicos, como autismo o retraso mental. Por otro lado, la revisión puede completarse con búsquedas en otras bases de datos relevantes, como ACM Digital Library o SpringerLink.

Como líneas futuras de investigación, vemos que, en general, la usabilidad web en discapacidad cognitiva tiene un fuerte potencial de mejora. Pero además, destacamos la poca literatura existente sobre usabilidad de dispositivos portátiles o tabletas, que suponen una novedad tecnológica que puede abrir posibilidades de uso a personas con discapacidad cognitiva, dada la mayor facilidad de uso y acceso de estos dispositivos frente al ordenador.

El diseño de webs accesibles y usables para usuarios con discapacidad cognitiva resulta interesante como área potencial de investigación y desarrollo de soluciones.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se engloba en un Proyecto cofinanciado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, y por el Fondo FEDER: Núm. Identificación: TSI-020302-2010-150.

6. REFERENCIAS

- [1] Nielsen, J. 1993. *Usability engineering*. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, Inc.
- [2] Alcantud, F. 2000. Nuevas Tecnologías, Viejas Esperanzas. En VVAA. “*Nuevas Tecnologías, Viejas Esperanzas: las nuevas tecnologías en el ámbito de la discapacidad y las necesidades educativas especiales*”. Murcia: Consejería de Educación y Universidades.
- [3] Verdugo Alonso, M.A. (trad.). 2011. *Discapacidad intelectual : definición, clasificación y sistemas de apoyo*. American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD). Madrid : Alianza, D.L. (Trabajo original publicado en 2010).
- [4] Organización Mundial de la Salud. 2011. Informe Mundial sobre la Discapacidad. *Recuperado el 15 de marzo de 2012 de*, <http://www.who.int>.
- [5] Instituto Nacional de Estadística (INE). 2008. Encuesta de Discapacidad Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia. *Recuperado el 15 de Marzo de 2012 de*, <http://www.ine.es>.
- [6] Bell, G., Evans, B., Makarucha, K. 2002. Shopping online: a study of website usability for the disabled. *Proceedings of the Australian and New Zealand Marketing Academy Annual Conference (ANZMAC 2002), 2-4 December 2002, Melbourne, Victoria, Australia, 2471-2478*.
- [7] Appleyard, R.J. 2003. Usability of online health information for people with disabilities. *AMIA Annual Symposium Proceedings/AMIA Symposium, 778*.
- [8] Mariger, H. 2006. Cognitive Disabilities and the Web: Where Accessibility and Usability Meet? *Recuperado 26 de febrero de 2012 de*: <http://ncdae.org/resources/articles/cognitive/>.
- [9] Rømen, D., and Svanæs, D. 2008. Evaluating Web Site Accessibility: Validating the WAI Guidelines through Usability Testing with Disabled Users. *Proceedings of the 5th Nordic conference on, October 20-22, 2008*.
- [10] Rømen, D., and Svanæs, D. 2011. Validating WCAG 1.0 and WCAG 2.0 through Usability Testing with Disabled Users. *Universal Access in the Information Society, 1-11*.
- [11] Choi, S., Kim, S., and Kim, S. 2008. Korean Web Site Usability for Disabled People. En Lee, S. et al. (Eds.): *APCHI 2008*, LNCS 5068, 405-412.
- [12] Karreman, J., Geest, T., and Buursink, E. 2007. Accessible website content guidelines for users with intellectual disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 20(6), 510-518*.
- [13] Newby, G., and Groom, C. 2010. Evaluating the usability of a single UK community acquired brain injury (ABI) rehabilitation service website: implications for research methodology and website design. *Neuropsychological Rehabilitation: An International Journal, 20:2, 264-288*.
- [14] Petrie, H., Hamilton, F., King, N., and Pavan, P. 2006. Remote Usability Evaluations with Disabled People. *CHI '06 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, 1133-1141*.
- [15] Sutcliffe, A., Fickas, S., Sohlberg, M.M., and Ehlhardt, L.A. 2003. Investigating the usability of assistive user interfaces. *Interacting with Computers, 15(4), 577-602*.
- [16] Fryia, G.D., Wachowiak-Smolikova, R., and Wachowiak, M.P. 2009. Human-computer interface design in an e-Learning system for individuals with cognitive and learning disabilities. *ICDIM 2009. Fourth International Conference on 1-4 Nov, 145-150*.
- [17] Money, A.G., Fernando S., Lines L., and Elliman, A.D. 2009. Developing and evaluating web-based assistive technologies for older adults. *Gerontechnology, 8(3), 165-177*.
- [18] Chu, C.N., Chen, M.C., and Li, T.Y. 2002. A study on the design and evaluation of an adaptive web browser for students with reading difficulties. *2002 International Conference on Computers in Education (ICCE'02)*.

Revisión de los requisitos de accesibilidad en la interacción del usuario anciano con las aplicaciones web

Lourdes Moreno y Paloma Martínez
Grupo LaBDA, Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
Avda. Universidad 30, 28911
Leganés, Madrid, España
{lmoreno, pmf@inf.uc3m.es}

RESUMEN

Desde hace años se prevé que vamos a ser una sociedad envejecida y a la vez usuaria activa de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), estudios y cifras así lo confirman. Por este motivo es fundamental investigar e innovar en soluciones tecnológicas que eviten barreras de accesibilidad a los usuarios ancianos en el uso de Internet y aplicaciones web. Existen numerosos e importantes trabajos en este ámbito, y esfuerzos por evitar que la brecha digital se dispare a causa de la discapacidad por envejecimiento. En este trabajo se ofrece un estudio de revisión de la literatura y, como resultado de su análisis, se ofrecen algunas conclusiones. Estas son principalmente: es necesario seguir trabajando en soluciones que eviten las barreras de accesibilidad derivadas de los problemas cognitivos intrínsecos al envejecimiento y, en esa línea, se proponen seguir estrategias de adaptación para los interfaces de usuario anciano. Por último se propone un replanteamiento de las prioridades de las actuales pautas de accesibilidad al contenido en la Web cuando el usuario final es anciano.

1. INTRODUCCIÓN

Según se va envejeciendo, la probabilidad de sufrir alguna discapacidad, ya sea temporal o no, aumenta ya que hay una correlación entre la edad y la discapacidad. En este sentido cabe mencionar algunos datos como que se prevé que el número de personas mayores de 60 años se triplique en el mundo de aquí al 2050 [18]. Es un fenómeno poblacional que tiene amplias repercusiones sociales, económicas y culturales, conlleva un cambio importante en la sociedad respecto al grupo de población de las personas mayores o de edad avanzada. En el futuro habrá un gran porcentaje de la población anciana que durante su vida han utilizado ampliamente el ordenador e Internet y querrán seguir haciéndolo, además de que la población tardará más en abandonar la vida laboral por lo que el volumen de trabajadores activos con discapacidad se elevará. Es importante destacar que la población adulta actual, considerada tecnológicamente capacitada, padecerá igualmente dificultades con la tecnología futura. Los paradigmas cambiarán, pero las discapacidades intrínsecas al envejecimiento serán las mismas [12].

Los marcos reguladores y legislativos de los distintos países trabajan en esta línea, en modelos que favorezcan un envejecimiento activo de la sociedad, claro ejemplo de ellos son iniciativas como: “2012, Año europeo del envejecimiento activo y de la solidaridad intergeneracional” [9] o las políticas de investigación e innovación como el proyecto europeo *Ambient Assisted Living Joint Programme* (AAL JP) [5].

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 Características del usuario anciano

Se encuentran distintas palabras o términos para referirse al usuario anciano: persona mayor, persona de edad avanzada, 3ª edad, anciano, etc. De igual manera, aunque el periodo de edad debería ser una variable bien definida [12], no hay un consenso de cuál es la edad para situar a una persona como usuario anciano o no. En estudios realizados se observan distintos valores: a partir de 50 años [24], 60 años [12] o 65 años [22].

Se encuentra numerosa literatura que hace mención a la pérdida de algunas habilidades o capacidades importantes en el usuario anciano que afectan al acceso a los ordenadores, Internet y a la navegación en las páginas web [3] [6] [12] [21] [22]. Las más importantes son: el deterioro de la visión y de la audición, los problemas motores (artritis, entumecimiento de las articulaciones, temblores) y los impedimentos cognitivos (problemas de memoria a corto plazo, distracción). Sus consecuencias son:

- Visión: Deterioro de la visión debida a la pérdida de la discriminación de los contrastes y la percepción del color. Esto se traduce en barreras de accesibilidad al percibir información dependiendo qué tipo de fuente de letra, tamaño, color y contraste. También puede derivar en que no localizan el ratón y, por tanto, no advierten cómo acceder a diversos contenidos.
- Audición. Problemas moderados para escuchar hasta la sordera son típicos en la población anciana. A pesar de que la Web depende en sumo grado de contenido visual, el incremento del contenido vídeo en los sitios web provocará más barreras de accesibilidad.
- Deterioro motriz. La artritis es una de las enfermedades asociadas a problemas motores más comunes en los ancianos. Esto deviene en dificultades en el manejo de dispositivos como el teclado y el ratón. Acciones como hacer click, doble-click, scroll, dar a una tecla concreta, o usar una combinación de teclas son difíciles de realizar.
- Deterioro cognitivo. Problemas de atención y en la memoria reciente que sufren los ancianos puede dificultar el aprendizaje. Además que la disminución sensorial múltiple puede tener un efecto compuesto en el deterioro cognitivo [17]. Existen dificultades relacionadas con memorizar la navegabilidad del sitio, localizar un contenido que ya ha sido accedido, distinguir en donde se encuentran y qué tarea debe realizar, son habituales para personas mayores.

A pesar de esta pérdida de habilidades en el usuario anciano, se encuentran estudios con un enfoque optimista, identificando los triunfos y las oportunidades que se presentan para lograr crear la web accesible para los usuarios ancianos. Las personas mayores, se muestran dispuestas a asumir los retos de uso de las TIC y, esto representa una buena oportunidad en el mercado para los próximos años [6]. Hay estudios que respaldan que los usuarios ancianos tienden a enfrentarse con aptitud positiva toda tecnología que necesiten o les sea de utilidad [12] [23].

2.2 Estándares

La iniciativa de la accesibilidad web (WAI) del W3C [26], además de trabajar en las pautas de accesibilidad: a los contenidos web (WCAG) [29], para agentes de usuario (UAAG) [30] y herramientas de autor (ATAG), lidera el proyecto WAI-AGE (*Addressing Accessibility Needs Due to Ageing*) [28] cuya finalidad es mejorar la accesibilidad a la web de personas mayores. Algunas de las conclusiones que se obtienen dentro de este proyecto es que actualmente las pautas de accesibilidad de la WAI ya cubren una gran cantidad de los problemas de accesibilidad relacionados con el envejecimiento [26]. También señala que la revisión de la literatura llevada a cabo muestra una necesidad de más investigación en áreas específicas de acceso a la Web de las personas mayores como la relacionada con los deterioros cognitivos, estilos y preferencias de navegación, y proponen el uso de estrategias de adaptación para la navegación web.

Además de WAI existen numerosos estándares y trabajos de regulación en el ámbito de las TIC que incluye como usuarios finales directos las personas con discapacidad y las personas mayores. Se encuentran la norma ISO 9241-20 y la guía ETSI EG 202 848 que proporcionan pautas para mejorar la accesibilidad de los equipos y servicios TIC. También destacar el informe técnico ISO TR 22411 que guía a los desarrolladores de estándares una serie de datos ergonómicos y de consideraciones de diseño acerca de cómo tener en cuenta las necesidades de las personas mayores y las personas con discapacidad, de acuerdo con los factores descritos en ISO/IEC Guide 71.

2.3 Pautas de diseño al contenido web

Se encuentran numerosos trabajos que extienden y seleccionan de las pautas WCAG (ver tabla 1), las orientadas al usuario anciano [3] [24]. Algunos de ellos son estudios validados con usuarios ancianos presentando una serie de pautas de accesibilidad clasificadas en categorías para personas mayores con usuarios [13]. En esa línea se encuentran trabajos de organizaciones que proponen listas de pautas o heurísticas para el diseño, creación y evaluación de sitios web accesibles para personas mayores [16]. Otros trabajos además de aportar pautas de diseño, ofrecen como solución una herramienta capaz de brindar al usuario control para que pueda realizar cambios a la presentación de una página web, tal que se transforme en una página más accesible para el usuario anciano [11]. En esta línea se encuentran interesantes trabajos que incluyen estrategias de adaptación de la interfaz para obtener más accesibilidad al usuario final anciano [1].

Se observa más trabajos en ofrecer pautas de diseño en sitios web que ofrecen información a través de tareas generales de búsqueda de información, que en los sitios web con tareas basados en resolución de problemas. Sin embargo, hay estudios que

confirman la dificultad de los usuarios ancianos para llevar a cabo tareas web basadas en la resolución de problemas [24].

FUENTE TEXTO, COLOR Y CONTRASTE:
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice un estilo Sans Serif, como Helvetica o Arial. • Evite la decoración de texto, como texto en negrita o subrayado, evitar el texto en movimiento. • Use mayúsculas y en cursiva en los titulares solamente. • Use doble espacio en todo el cuerpo del texto, la justificación a la izquierda. • Permita que el texto que se puede cambiar el tamaño de hasta 200 por ciento sin necesidad de desplazarse horizontalmente para leer una línea. • Evite el uso de color como el único medio visual para transmitir información, indicar una acción, etc. • Asegúrese de un adecuado contraste, tanto en la visualización del texto como en el fondo.
CONTENIDO COMPRENSIBLE:
<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese la comprensión del texto y gráficos. • Use declaraciones positivas con una voz activa. • Haga el contenido textual legible y comprensible (escribir texto en un lenguaje sencillo). • Proporcione un glosario en línea de términos técnicos y mecanismo para la identificación de palabras inusuales. • Divida los documentos largos en secciones cortas. • Evite información irrelevante; resaltar la información importante. • Proporcione tiempo suficiente para leer la información. • Reforzar el reconocimiento en lugar de la memoria. • Describa los mensajes de error de forma simple y fácil. • Proporcione tutorial de ayuda en línea.
ESTRUCTURA / NAVEGACIÓN:
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice un solo clic del ratón para acceder a la información. • Utilice procedimientos de navegación explícitos (paso a paso). • Utilice un diseño de página consistente y los mismos símbolos e iconos a través del sitio web. • Las páginas web deben tener títulos que describan el tema y propósito. • Utilice el mismo conjunto de botones de navegación en la misma ubicación para cada página web. • Hacer uso de la redundancia, por ejemplo con la incorporación de texto en un icono. • Utilice los botones de gran tamaño que no requieren movimientos precisos para la activación del ratón. • Use los menús estáticos, utilizar los menús desplegados con moderación. • Reduzca al mínimo la necesidad de desplazarse a través de pantallas de visualización. • Incorpore iconos para desplazamiento en cada página si el desplazamiento manual es necesario. • Use ayuda de navegación hacia atrás / adelante mediante el uso de botones como Página anterior y Página siguiente. • Proporcione el mapa del sitio web. • Diferenciar los enlaces visitados de los no visitados. • Etiquetado claro de los enlaces, enlaces con el mismo nombre no debe ir a una página diferente. • Asegúrese de que los resultados de búsqueda son visibles .

Tabla 1: Pautas de diseño de sitios web para usuario anciano [24] [28]

Estudios respaldan que los problemas de interacción debido a la discapacidad visual y motora como dificultades en la lectura de la pantalla o uso de dispositivos de entrada como el ratón se superan

con la experiencia de las TIC, sin embargo las dificultades debidas a la discapacidad cognitiva son constantes en el tiempo, e independiente de la experiencia de las TIC [23]. Este resultado apoya la teoría de que las estrategias adoptadas para hacer frente a problemas de interacción puede mejorarse con la experiencia y ayudas técnicas adecuadas, sin embargo el evitar los problemas de accesibilidad relacionados con el deterioro cognitivo son y serán un gran reto en investigación.

En relación a la actividad de evaluación de aplicaciones web orientadas al usuario anciano como final, se encuentra algún trabajo basado en método manual llevado a cabo por expertos, este es el caso del método *Barrier Walkthrough* [8]. En relación a la evaluación automática, se encuentran pocos trabajos [7], aunque sería posible utilizar herramientas automáticas que permiten configurar qué pautas de accesibilidad evaluar en función de perfiles para distintos tipos de accesos [4]. Si se encuentran numerosos trabajos de evaluación basados en pruebas con usuarios ancianos [7] [12] [22] [24].

2.4 Pautas para agentes de usuario

En la cadena de componentes interdependientes de acceso a la Web además del contenido, depende de los agentes de usuario. De hecho, estos pueden contribuir de forma determinante en la mejora de la accesibilidad a los sitios web para personas mayores. Investigaciones han señalado que una interfaz de usuario reducida o simplificada ayuda a los usuarios ancianos con el entrenamiento y la familiarización en el uso de la Web [20]. Sin embargo, mientras más familiarizados se encuentran con el sistema, los usuarios empiezan a desear más funcionalidades [6]. Las UAAG [15] [30] ofrecen pautas de accesibilidad para agentes de usuario (navegadores, reproductores), pero al igual que ocurre con las WCAG, pueden ser muy generales. Existen otras funcionalidades que pueden brindar al usuario anciano de una mayor accesibilidad [11]:

- Incorporar la funcionalidad de leer en voz.
- Incorporar una herramienta para mostrar el texto grande de alguna frase seleccionada.
- Permitir incrementar el espaciado entre líneas y caracteres.
- Permitir la modificación de colores (texto, enlaces visitados y no visitados, fondo de la página).
- Permitir agrandar imágenes al ser seleccionadas.
- Ofrecer los controles en general de mayor tamaño.
- Permitir ampliación y reducción de la página.
- Permitir cambiar el diseño del sitio a una columna.
- Permitir esconder imágenes, fondo de página.

3. CONCLUSIONES

Se han encontrado importantes trabajos donde se identifican las barreras de accesibilidad de los usuarios ancianos, y se distinguen pautas de diseño para contenidos web y agentes de usuario, todos ellos basados en los trabajos de WAI, sin embargo se puede concluir que aunque se ha realizado una gran cantidad de estudios relacionados a las necesidades de los usuarios ancianos para el uso de los sistemas web, aún quedan ciertas brechas por cubrir, principalmente en aportar soluciones a las barreras derivadas de los problemas cognitivos intrínsecos al envejecimiento, y ampliar conocimiento en cómo los usuarios ancianos navegan por las aplicaciones web e interactúan con ellas.

Se recomiendan las estrategias de diseño de adaptación de la interfaz y sus contenidos de acuerdo a preferencias del usuario

anciano, así como aplicaciones que asistan al usuario cuando realice operaciones para completar una tarea. Como se ha indicado, una de las barreras de accesibilidad de más difícil solución es la dificultad por el usuario anciano para recordar los pasos necesarios en la realización de alguna tarea, o en cómo personalizar su navegador, etc.

Pautas beneficiosas para las personas mayores son algunas de las incluidas en sus principios *Perceivable* y *Understandable* de las WCAG 2.0, siendo fundamentales para el usuario anciano las orientadas a los grupos de usuarios: “*cognitive limitations - language - learning disabilities*”. Partiendo del escenario, hemos distinguido dentro de las WCAG 2.0 las siguientes pautas como esenciales para personas mayores que son las siguientes: 1.4.3 (*Contrast Minimum*), 1.4.4 (*Resize text*), 1.4.8 (*Visual Presentation*), 2.2.1 (*Timing Adjustable*), 2.2.3 (*No Timing*), 2.2.4 (*Interruptions*), 2.2.5 (*Change on Request*), 2.4.3 (*Focus Order*), 2.4.8 (*Location*), 2.4.9 (*Link Purpose (Link Only)*), 2.4.10 (*Section Headings*), 3.1.3 (*Unusual Words*), 3.1.5 (*Reading Level*), 3.2.1 (*On Focus*), 3.2.2 (*On Input*), 3.2.3 (*Consistent Navigation*), 3.2.4 (*Consistent Identification*), 3.3.1 (*Error Identification*), 3.3.3 (*Error Suggestion*) y 3.3.5 (*Help*). Este subconjunto de pautas es el resultado de hacer correspondencia de las barreras de accesibilidad localizadas en usuarios ancianos con pautas WCAG 2.0 que proponen solución a ellas.

Se propone un replanteamiento de las prioridades de las WCAG 2.0 si la audiencia de la aplicación son las personas mayores. La mayoría de los marcos de regulación y normativos exigen un Nivel de Conformidad AA de las WCAG 2.0, esto puede provocar que pautas de Nivel AAA no se lleguen a abordar, cuando sin embargo hay grupos de usuarios afectados muy localizados como son los usuarios ancianos. Por ejemplo, se podría decir que el criterio de éxito “2.4.8 (AAA) Location” (que indica que si la página está en una secuencia de páginas o tiene una estructura de navegación compleja, deberá proporcionar medios de ayuda que especifiquen cuál es el paso actual e información de cuántos quedan) es muy beneficioso, y merecería tratarlo con una prioridad mayor si el usuario final es el usuario anciano [10].

Este hecho coincide con que muchas de estas WCAG 2.0 son complejas de implementar por los desarrolladores web, lo que provoca además una dificultad en abordarlas. Como soporte para cumplir con algunas de estas pautas complejas es recomendable usar métodos distintas disciplinas como técnicas de Inteligencia Artificial (IA), técnicas de Análisis de Tareas la Ingeniera del Software (IS) [24] o técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) [14] [19] entre otras.

Este estudio se enmarca en una línea de investigación que tiene por objetivo elaborar distintos recursos que den soporte a los profesionales web en el diseño y desarrollo de aplicaciones web orientadas al usuario final anciano. El enfoque es optimista aprovechando las fortalezas del usuario anciano. Los hitos más inmediatos es la elaboración de patrones de diseño abstractos de presentación y de navegación que asistan al usuario anciano en la realización de tareas integrando ayuda de los pasos a realizar para completar la tarea con éxito, así como para que el usuario se familiarice con el lenguaje del dominio en la resolución de la tarea. Dichas propuestas serán validadas por usuarios ancianos.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación está apoyado por la red MAVIR (S2009/TIC-1542 (ver www.mavir.net/))

5. REFERENCIAS

- [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. (ASSETS '11). ACM, New York, NY, USA, 187-194.
- [2] AARP 2005. Designing Web Sites for Older Adults:Heuristics www.aarp.org/olderwisewired/owwresources/designing_web_sites_for_older_adults_heuristics.html
- [3] Affonso de Lara, S. M., Massami Watanabe, W, Pezutti Beletato dos Santos, E. and Renata P. M. Fortes. 2010. Improving WCAG for elderly web accessibility. (SIGDOC '10). ACM, New York, NY, USA, 175-182. DOI=10.1145/1878450.1878480 AGE Platform Europe, <http://www.age-platform.eu/en>
- [4] Aizpurua, A., Arrue, M., Vigo, M., Abascal, J. 2009. Transition of accessibility evaluation tools to new standards. (W4A 2009), pp. 36–44. ACM, New York
- [5] Ambient Assisted Living Joint Programme (AAL JP) <http://www.aal-europe.eu/>
- [6] Arch, A. 2009 Web accessibility for older users: successes and opportunities. (W4A '09).ACM.New York 1-6.
- [7] Becker, S. A. and Nowak, L. L. 2003. Usability enforcer and dottie software tools: promoting e-government accessibility for older adults. Annual National Conference on Digital Government Research, 2003. ACM, vol. 130.
- [8] Brajnik, G., Yesilada, Y. and Harper, S. 2009. Guideline aggregation: web accessibility evaluation for older users. In (W4A '09). ACM, New York, NY, USA, 127-135.
- [9] Europa.eu, European Year for Active Ageing and Solidarity between Generations <http://europa.eu/cy2012/>
- [10] Fairweather, P. G. 2008. How older and younger adults differ in their approach to problem solving on a complex website. (Assets '08). ACM, New York, NY, USA, 67-72.
- [11] Hanson, V. & Crayne, S. 2005. Personalization of Web browsing: Adaptations to meet the needs of older adults. Universal Access in the Information Society, Volume 4, Number 1 (2005), 46-58.
- [12] Hanson, V. L. 2009. Age and web access: the next generation. (W4A '09). ACM, New York, NY, USA, 7-15.
- [13] Kurniawan, S. and Zaphiris, P. 2005. Research-derived web design guidelines for older people. (Assets '05). ACM, New York, NY, 129-135.
- [14] Grace Mbipom, Simon Harper. 2009. The transition from web content accessibility guidelines 1.0 to 2.0: what this means for evaluation and repair. SIGDOC 2009: 37-44,
- [15] González-García, M., Moreno, L., Martínez, P. and Iglesias, A. 2011. Requisitos de accesibilidad web en los reproductores multimedia, Interacción 2011. XII Congreso de Interacción Persona-Ordenador, Lisboa, Portugal, September. <http://aipo.es/documentos/Interaccion2011.pdf>
- [16] Morrell, R. W., Dailey, S. R., Feldman, C., Mayhorn, C. G., & Echt, K. V. 2002. Older adults and information technology: A compendium of scientific research and Website accessibility guidelines. Bethesda, MD: National Institute on Aging. For a summary, see also “Making your web site senior friendly: A checklist”. <http://www.nlm.nih.gov/pubs/checklist.pdf>
- [17] Mortensen, O. 2007. The consequences of age-related sight and hearing loss. Deafblind International (DbI). DbI Review no. 40, July - December 2007. http://deafblindinternational.org/dbireview_archive.html
- [18] Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2008. World Population Prospects: The 2008 Revision. http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008_text_tables.pdf
- [19] Rello, I., Kanvinde, G. and Baeza-Yates, R.. 2012. Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics. (W4A '12). ACM, New York,
- [20] Sangangam, P. & Kurniawan, S. 2007. An investigation of older persons' browser usage. International - Universal Access in HCI 2007, LNCS 4554/2007, 1000-1009. Springer.
- [21] Sayago, S. and Blat, J. 2007. A preliminary usability evaluation of strategies for seeking online information with elderly people. (W4A '07). ACM, New York, 54-57.
- [22] Sayago, S.& Blat, J. 2009. About the relevance of accessibility barriers in the everyday interactions of older people with the web. (W4A '09). ACM, New York, 104-113..
- [23] Sayago, S., Sloan, D. and Blat. J. 2011. Everyday use of computer-mediated communication tools and its evolution over time: An ethnographical study with older people. Interacting with Computers. Volume 23, Issue 5, September 2011, Pages 543–554
- [24] Sharit, J. , Hernandez, M. A. Nair, S. N. , Kuhn, T. and Czaja, S. J. 2011. Health Problem Solving by Older Persons Using a Complex Government Web Site: Analysis and Implications for Web Design. ACM Trans. Access. Comput. 3, 3, Article 11 (April 2011), 35 pages.
- [25] Tullis, T. S. 2007. Older Adults and the Web: Lessons Learned from Eye-Tracking. HCI International 2007, LNCS 4554. 1030-1039. Springer.
- [26] W3C, Web Accessibility Initiative (WAI), 2012, <http://www.w3.org/WAI/>
- [27] W3C, WAI-AGE Literature Review. 2008 <http://www.w3.org/WAI/WAI-AGE/deliverables.html#litrev>
- [28] W3C, WAI, WAI-AGE Project (IST 035015). 2011. <http://www.w3.org/WAI/WAI-AGE/>
- [29] W3C, WAI, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), 2012, <http://www.w3.org/WAI/intro/wcag.php>
- [30] W3C, WAI, User Agent Accessibility Guidelines (UAAG), 2012, <http://www.w3.org/WAI/intro/uaag.php>

Evaluación de la Experiencia de Navegación Web de Personas con Discapacidad Cognitiva

Moreno, F., Coret, J., Jiménez, E., Márquez, S., Alcantud, F.

Department of Developmental Psychology and Education University of Valencia

Valencia, Spain

(34) 96 386 42 96

francisco.alcantud@uv.es

<http://acceso.uv.es>

ABSTRACT

Tras una revisión de la literatura existente en los últimos 10 años, hemos visto la escasa producción de trabajos sobre la usabilidad de la web, con respecto a los usuarios con discapacidad cognitiva. En esta ocasión nos hemos propuesto explorar los problemas que tienen las con discapacidad intelectual leve o moderada a la hora de utilizar la World Wide Web. Realizamos un estudio para evaluar la experiencia de navegación Web utilizando el Laboratorio de Usabilidad de la Unidad de Investigación Acceso de la Universidad de Valencia, en el que registramos y analizamos la interacción Web-Usuario utilizando la técnica de Pensamiento Manifiesto y la Entrevista, desde un enfoque metodológico cualitativo, para de este modo detectar los problemas que tienen a la hora de navegar por los sitios Web las personas con déficits cognitivos.

Categorías y Descriptores

- H.5.2 User Interfaces: User interface management systems (UIMS).
- H.5.3 Group and Organization Interfaces: Evaluation. Web-based interaction.
- K.4.2 Social Issues: Assistive technologies for persons with disabilities.
- K.4.2.d Handicapped persons/special needs.

Terminología Genérica

- Human Factors.
- Measurement.
- Verification.

Palabras Clave

Accesibilidad, Usabilidad, Discapacidad Cognitiva, Déficits Cognitivos, Web, Laboratorio, Pensamiento Manifiesto.

1. INTRODUCCIÓN

A la hora de evaluar la navegación en un sitio Web hay que atender a dos conceptos claves, que son complementarios y en ocasiones llegan a no diferenciarse: usabilidad y accesibilidad.

Ambos pretenden mejorar la efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios. Mientras que la accesibilidad está orientada a ampliar el rango de usuarios que pueden acceder con éxito a un sitio Web, la usabilidad se centra más en las personas a las que va destinado un sitio Web.

Según INE [1] en España en 2008 había 887.000 de personas con déficits cognitivos o retrasos madurativos. Esto junto a la creciente importancia que está adquiriendo la información disponible a través de los sitios Web en la vida diaria, nos hace plantearnos cuan importante es que se estudien los problemas de acceso y uso de los sitios Web, a los que se enfrentan las personas con discapacidad cognitiva.

1.1 Concepto de Accesibilidad Web

La accesibilidad Web se refiere a la capacidad de acceso a la Web y a sus contenidos por todas las personas, independientemente del tipo de discapacidad (física, intelectual o técnica) que presenten o de las que se deriven de los contextos de uso (tecnológicos o ambientales).

El organismo que se encarga de promover la accesibilidad a Internet es el World Wide Web Consortium (W3C), en especial su grupo de trabajo Web Accessibility Initiative (WAI) [2]. En 1999 el WAI publicó la versión 1.0 de sus pautas de accesibilidad Web. Con el paso del tiempo se han convertido en un referente internacionalmente aceptado. En diciembre del 2008 las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 fueron aprobadas como recomendación oficial.

La accesibilidad a la Web depende de numerosos elementos que van desde con qué herramientas se construye la Web, hasta con qué navegadores se visitan o qué sistemas de apoyo se utilizan para acceder al ordenador, tal y como se muestra en la siguiente Figura 1 basada en [3]:



Figura 1. Accesibilidad Web

En España las normas UNE 139802-2003 [4] y UNE 139803-2004 [5], son las encargadas de marcar las características que tienen que cumplir los sitios Web, para que sean accesibles al mayor número de personas, incluyendo tanto a personas con discapacidad, como a personas de edad avanzada.

En términos de accesibilidad sobre todo se ha trabajado en pos de mejorar la accesibilidad a los discapacitados visuales (W3C y WAI), olvidándonos de que hay otros tipos de discapacidad que también tratan de acceder a la información disponible en la Web, para los que dichas normas son en muchas ocasiones insuficientes.

Recientemente el W3C ha llegado a un acuerdo con ISO, para que sus recomendaciones puedan convertirse en estándares conservando su carácter abierto. Esto probablemente supondrá una mejora en la accesibilidad, puesto que las legislaciones de la mayoría de los países normalmente se basan en estándares publicados.

1.2 Concepto de Usabilidad Web

Para la Organización Internacional de Estandarización (ISO) hay dos definiciones de usabilidad recogidas en sendas normas:

La ISO/IEC 9126 [6] en la que se refiere a usabilidad como: "la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso", centrándose en los atributos internos y externos del producto, los cuales contribuyen a su usabilidad, funcionalidad y eficiencia. La usabilidad depende no sólo del producto sino también del usuario. De ahí que un producto solo podrá ser usado en un contexto particular y por usuarios particulares. La usabilidad no puede ser valorada estudiando un producto de manera aislada [7].

La ISO/IEC 9241 [8] define la usabilidad como: "efectividad, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico". Centrándose en este caso en cómo el usuario realiza tareas específicas en escenarios específicos con efectividad.

1.3 Discapacidad Cognitiva

Dentro del concepto de discapacidad cognitiva se incluyen un gran número de trastornos del desarrollo, que tienen en común una alteración en alguno de los componentes del procesamiento cognitivo de la información. En general se suele identificar deficiencia cognitiva con retraso mental. Sin embargo, déficit cognitivo es un concepto más amplio que abarca también determinados trastornos como la hiperactividad o el déficit de atención que no tienen por qué estar asociados a un retraso mental.

En esta investigación nos centraremos en los déficits cognitivos derivados de un trastorno del desarrollo.

Por otro lado la OMS en [9] define el retraso mental, como un "trastorno definido por la presencia de un desarrollo mental incompleto o detenido, caracterizado principalmente por el deterioro de las funciones concretas de cada época del desarrollo y que contribuyen al nivel global de la inteligencia, tales como las funciones cognoscitivas, las del lenguaje, las motrices y la socialización", pudiendo aparecer junto a él cualquier otro trastorno somático o mental. Clasificándolo en función del C.I.en: Retraso mental leve (CI entre 50 y 69), Retraso mental moderado (CI entre 35 y 49), Retraso mental grave (CI entre 20 34) y Retraso mental profundo (CI inferior a 20).

Son personas que en mayor o menor grado, van a tener dificultades para adquirir conocimientos (ya sea mediante instrucciones como por propia experiencia), para aplicarlos, para orientarse en el espacio y el tiempo, para reconocer algunos objetos o personas, para asimilar y recordar información, para concentrarse en una tarea, para abstraer, para ejecutar o realizar tareas u órdenes sencillas, para escoger una alternativa entre varias, analizar los resultados y realizar los ajustes oportunos.

2. METODOLOGÍA

Utilizando la metodología cualitativa, pretendemos conocer cuales son los impedimentos y dificultades a las que se enfrentan las personas con discapacidad cognitiva al navegar por la Web. Para la observación de los problemas de navegación Web, utilizamos el Laboratorio de Usabilidad de la Unidad Acceso de la Universidad de Valencia.

2.1 Diseño

Los participantes se dividieron en dos grupos (A y B), por orden de llegada al Laboratorio de Usabilidad, para navegar en dos páginas Web, una de carácter institucional (A) y la otra de carácter comercial (B), realizando diferentes actividades de similar contenido y dificultad.

Utilizamos la técnica del Pensamiento Manifiesto para registrar las opiniones y la forma en la que procesaban la información los participantes, y así observar cuales son las dificultades que encuentran a la hora de realizar las diferentes actividades propuestas. Debido a las dificultades que tienen a la hora de comunicarse y que no estaban familiarizados con esta técnica, hubo que preguntarles, insistirles y reforzarles para que nos fuesen revelando sus opiniones, durante la evaluación de la navegación Web.

Por último al término de la experiencia de navegación Web, se realizó una breve entrevista, con la que se completaron los datos obtenidos anteriormente, viéndose así, el grado de dificultad percibido por el participante en la realización de las actividades y las sensaciones y sentimientos derivados de la interacción con el sitio Web.

2.2 Participantes

Para la experiencia de navegación Web contamos con la colaboración de la ONG Bonagent de Valencia, asociación sin ánimo de lucro que se dedica a prestar servicios a las personas con discapacidad cognitiva. Participaron siete usuarios que han superado un curso de alfabetización informática impartido en dicha asociación.

Los participantes, cuatro mujeres y tres hombres, todos ellos diagnosticados de Retraso Mental Ligero o Moderado y con edades comprendidas entre los 20 y los 47 años de edad, realizaron diversas actividades sobre uno de los dos sitios Web seleccionados (A y B) para este estudio.

Tabla 1. Características de los Participantes

Sexo	Edad	Diagnóstico	Otros Déficits
Mujer	37	Retraso Mental Ligero	Atención, Coordinación Visomotora
Mujer	22	Retraso Mental Ligero	No
Mujer	35	Retraso Mental Ligero	Visual, Coordinación Visomotora
Mujer	20	Retraso Mental Moderado	Atención
Hombre	47	Retraso Mental Moderado	Visual
Hombre	39	Retraso Mental Ligero	Visual, Atención, Coordinación Visomotora
Hombre	30	Retraso Mental Ligero	No

Hay que señalar que también se observaron déficits: visuales, de atención y problemas de coordinación visomotora que dificultaban el manejo del ratón. Por todo ello tuvimos que adaptar la tutorización de la experiencia de navegación Web, en función de las características y necesidades de cada participante.

2.3 Actividades

Basándonos en [10] en el que se describen las tareas típicas necesarias para cualquier navegación en la Web, diseñamos un total de tres actividades para cada grupo de similar dificultad, en las que se recogían las tareas más habituales a las que nos enfrentamos a la hora de navegar por un sitio Web: reproducción de contenidos multimedia (Actividad Reproducir Video), navegación mediante menús y submenús (Actividad Navegación por Submenús), cumplimentar formularios de búsqueda y utilización de la función de “scroll” (Actividad Formulario de Búsqueda).

3. RESULTADOS

En general observamos problemas de lectoescritura, en mayor o menor grado en los participantes, que unidos a los problemas de comprensión y generalización derivados del déficit cognitivo, hace que haya que guiar bastante para la realización de las actividades. La gran cantidad de información escrita presente en las noticias exploradas tampoco ayuda a su comprensión.

Varios de los participantes cometieron errores debido a pulsar el ratón en más ocasiones de las necesarias o a pulsar un botón diferente al esperado. En otras ocasiones se desorientan porque cometen un error al pulsar, que les lleva a un punto no deseado de la navegación, no comprendiendo, ni siendo conscientes de lo que ha sucedido.

Ante la aparición de una demora en la carga de la información de la página Web, se desorientan, no entienden que está sucediendo, atribuyéndolo a un error propio, llevándoles a continuar pulsando, en lugar de esperar a que se cargue la Web, llegando a producirse en ocasiones el colapso del buffer del ratón, aumentándose su confusión y desorientación.

También hemos observado que debido a la falta de habilidad en el manejo del teclado que tienen algunos de los participantes, junto a los problemas de lectoescritura anteriormente mencionados, hace que se incremente el tiempo de realización de la Actividad Formulario de Búsqueda.

En las entrevistas posteriores a la experiencia de navegación Web los participantes informaron que en ocasiones, no encuentran la información deseada en la vida diaria, o no la comprenden. También se denota una preferencia por los contenidos audiovisuales, siendo la Actividad Reproducir Video la preferida por la mayoría de los participantes.

4. DISCUSIÓN

De las interacciones observadas en el Laboratorio de Usabilidad, el pensamiento manifiesto y las entrevistas realizadas al término de cada sesión, concluimos que la presentación audiovisual de los contenidos del sitio Web, posibilita aminorar la exigencia cognitiva de la tarea (no entrando en concurso la capacidad lectora del participante, que está en muchas ocasiones alterada en las personas con discapacidad cognitiva), y por ello les parece más interesante la Actividad Reproducir Video.

Los problemas de visión que tienen algunos de los participantes dificultan su ejecución, dado que hay una excesiva cantidad de información en las páginas Web, todo ello hace que tarden más en realizar las actividades, que les cueste más localizar una ubicación en el sitio Web e incluso pulsar la opción deseada. En este caso también habría influencia de la falta de coordinación oculomotora en el manejo del ratón. Todo ello redundaría en un peor desempeño y en dificultades en la usabilidad de las Web.

En el caso de las personas con déficits cognitivos, se hace muy patente los problemas que tienen para adaptarse a situaciones nuevas, como son la aparición de pop-ups, la demora en la carga de una página Web, o que se confundan en la opción seleccionada (ya sea por falta de destreza en el manejo del ratón, como por olvido de la información requerida para realizar la actividad).

Para evitar la confusión derivada de los tiempos de demora en la respuesta del servidor, sería necesario hacer más visible el mensaje que muestra el navegador, informando que está en proceso, facilitando de este modo que el usuario sepa en todo momento que está sucediendo, todo ello se podría solucionar con la aparición de un reloj en pantalla, que nos indique que la Web esta “trabajando”.

La atención es otra de las funciones cognitivas implicadas en las actividades propuestas y se ve en ocasiones comprometida por la aparición de pop-ups, resulta habitual que ante la aparición de un estímulo audiovisual, olviden la realización de la actividad encomendada, pasando a seguir la nueva vía abierta por el sitio Web. Actualmente ya hay una opción implantada en los distintos navegadores, que bloquea en parte la aparición de dichos pop-ups, pero aun así contamos con el hándicap que supone que sea el propio usuario el que configure dicha opción del navegador.

Los problemas derivados de hacer caso omiso del diseño para todos, entre los que se encontrarían, la utilización de iconos de tamaño reducido, muy próximos entre sí, poca contrastación, etc., unido a la falta de destreza en el manejo de los diferentes dispositivos de entrada, hace que en ocasiones la navegación Web se convierta prácticamente inviable.

La gran cantidad de información escrita, unida a los problemas de lectoescritura, comprensión, atención y memoria hace que estos usuarios en muchas ocasiones se desorienten.

El hecho de que informen que a veces, no encuentran la información deseada en la vida diaria, o no la comprendan, hace que sea importante adaptar el contenido de la Web para que sea más accesible por este colectivo, estableciéndose un compromiso entre simplicidad y complejidad de la información mostrada, como puede ser la utilización de protocolos de lectura fácil [10], o cómo ya hacen en las Web dedicadas a la comunicación p.ej: periódicos digitales), en las que hay un breve resumen al inicio de la noticia, (muy similares a dichos protocolos), o incluso la lectura del contenido Web, ya que hay una clara diferencia a favor de la comprensión de la información oral frente a la escrita.

Dado que las personas con déficits cognitivos suelen tener problemas de lectura y en muchas ocasiones déficits visuales, la presencia de gran contenido audiovisual en los sitios Web, puede y debe ser utilizada para la reducción de la carga lectora, y de este modo ayudar a paliar dichas dificultades de acceso a la información.

Para paliar la falta de pericia al escribir anteriormente mencionada, habría que reducir al máximo la entrada de datos, por parte de los usuarios, recordando el perfil del usuario, el logado del mismo, y así evitar cada vez que se visite el sitio Web se tenga que estar introduciendo datos.

5. RECONOCIMIENTOS

A los siete participantes, así como, a la Asociación BONAGENT Amigos de las Personas con Discapacidad Intelectual de Valencia.

6. REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística. (2008). Encuesta de Discapacidad Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia. Recuperado el 1 de junio de 2011 de: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t15/p418/a2008/hogares/p01/modulo1&file=pcaxis>.
- [2] WAI: Web Accessibility Initiative. Web Content Accessibility Guidelines. World Wide Web Consortium. Recuperado el 17 de abril de 2012 de: <http://www.w3.org/WAI/intro/wcag.php>

- [3] Alcantud, F., (1998). "Diseño de Escenarios Educativos para Courseware". En Alcantud, F. (Ed) Teleformación: Diseño para Todos. Valencia, Servei de Publicacions Universitat de Valencia. Recuperado el 17 de abril de 2012 en: http://books.google.es/books?id=iikUYGEGKTUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [4] Norma UNE 139802:2003 (AENOR, 2003). Accesibilidad de software en general. Recuperado el 17 de abril del 2012 de: <http://ares.cnice.mec.es/informes/17/contenido/53.htm>
- [5] INTECO (Instituto Nacional Tecnologías de la Comunicación) Ministerio Industria, Energía y Turismo (España). UNE 139803:2004. Requisitos de accesibilidad para contenidos en la web. Recuperado el 17 de abril de 2012 de: http://www.inteco.es/Accessibilidad/difusion/Normativa/Descarga/DescargaUNE_139803
- [6] International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, 1991. ISO/IEC 9126, Information Technology, Software Product Evaluation, Quality Characteristics and Guidelines for their Use, Geneva: Author. Recuperado el 17 de abril de 2012 de: <http://www.issco.unige.ch/en/research/projects/ewg96/node14.html#SECTION00311000000000000000>
- [7] Bevan, N. Quality in Use: Meeting User Needs for Quality. Comentarios acerca de ISO 9126 y 9241. (1999) Journal of Systems and Software, 49 (1). [http://dx.doi.org/10.1016/S0164-1212\(99\)00070-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0164-1212(99)00070-9)
- [8] International Organization for Standardization, 1992. ISO 9241, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability, Geneva: Author. Recuperada enl 17 de abril de 2012 en: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=16874
- [9] World Health Organization (1993) The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders: Diagnostic Criteria for Research. WHO, Geneva.. Recuperado el 17 de abril de 2012de: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en>
- [10] Alcantud, F., Coret, J., Jimenez, E., Marquez, S, Márquez, A., Moreno, F, Perez, J. et al. (2011). Inventario y descripción de las soluciones de accesibilidad web existentes para personas con discapacidad Física y Sensorial (1ª ed.). [CD]. Editorial Marfil S.A. Recuperado el 29 de bril de 2012 de: <http://roderic.uv.es/handle/10550/23509>

Factores Humanos

EL LIBRO CIENTÍFICO ELECTRÓNICO. ARQUITECTURA DE LA INFORMACIÓN Y PUNTOS DE REFERENCIA

Carolina Navarro-Molina
Universidad de Valencia

Unidad de Información e Investigación
Social y Sanitaria (UISYS)
Plaza Cisneros,4
43003 Valencia
+34 963926270

Carolina.Navarro@uv.es

Antonio Vidal-Infer
Departamento de Historia de la
Ciencia y Documentación
Universidad de Valencia

Plaza Cisneros,4
43003 Valencia
+34 963926276

antonio.vidal-infer@uv.es

Juan-Miguel López-Gil
Universidad del País Vasco

Departamento de Lenguajes y
Sistemas Informáticos
C/Nieves Cano 12
01006 Vitoria-Gasteiz
+34 945014057

juanmiguel.lopez@ehu.es

Juan-Carlos Valderrama-Zurián
Unidad de Información e Investigación
Social y Sanitaria (UISYS)
Plaza Cisneros,4
43003 Valencia
+34 963926270

Juan.Valderrama@uv.es

Rafael Aleixandre-Benavent
Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (CSIC)
Plaza Cisneros,4
43003 Valencia
+34 963926274

Rafael.Aleixandre@uv.es

RESUMEN

En este trabajo se examina la influencia de la pérdida de puntos de referencia durante la lectura digital en la correcta interacción del usuario con el sistema. Para ello se ha realizado un test de usuarios utilizando 5 libros electrónicos de distintas disciplinas a los que se accede a través de diferentes plataformas de consulta. Se han examinado diferentes aspectos relativos a la arquitectura de la información de estos sitios a través de un conjunto de aspectos a analizar destinados a averiguar si el usuario tiene conocimiento de su ubicación en el texto durante la lectura y mantiene el control para desplazarse a través de él. Los resultados indican que es necesario diseñar arquitecturas de información más consistentes que permitan superar los problemas de pérdida de ubicación y conviertan la experiencia lectora en formato digital en una alternativa viable.

Categorías y Descriptores

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]

Términos Generales

Factores Humanos

Palabras clave

Libro electrónico, arquitectura de la información, prueba con usuarios

1. INTRODUCCIÓN

Desde la llegada e implantación de internet, las revistas científicas electrónicas han experimentado un espectacular aumento que aún hoy se mantiene. En cambio, no ha ocurrido lo mismo con el libro digital, en concreto con los textos científicos que aún hoy continúan comercializándose y vendiéndose mayoritariamente en su formato tradicional [1]. Los factores que explican este fenómeno están relacionados con la ergonomía en el paso del papel al formato digital y diversas consideraciones derivadas del avance de la tecnología al servicio de la lectura, especialmente cuando se trata de realizar una lectura de trabajo continuada durante un periodo de tiempo relativamente largo y sobre textos extensos. En el entorno digital, el correcto empleo de los

elementos paratextuales (tales como párrafos, negrita, títulos, índices, etc.) cobran especial relevancia a la hora de diseñar una adecuada arquitectura de la información (AI a partir de ahora) que permita al usuario tener el control en todo momento sobre su ubicación en el texto.

El objetivo de este trabajo es examinarla facilidad con la que un grupo de usuarios de estos materiales puede realizar la identificación de elementos informativos de primer orden en una selección de textos universitarios en formato digital que son consultados desde el ordenador.

El artículo se estructura de la siguiente forma: en la siguiente sección se muestran los antecedentes relacionados con la introducción del libro científico electrónico, así como las cuestiones relacionadas con su ergonomía y la AI. Posteriormente se explica en detalle la prueba con usuarios desarrollada para examinar la eficacia de los elementos paratextuales disponibles en la versión electrónica de una selección de textos. Los resultados de dicha prueba, junto con la discusión de los mismos, aparece a continuación. En las conclusiones se exponen los aspectos que más afectan a la pérdida de referencia de los usuarios.

2. ANTECEDENTES

La presencia de textos científicos en formato digital es cada vez más frecuente en el ámbito científico y universitario, aunque con una preponderancia de las revistas electrónicas frente a las monografías. Dentro de las colecciones de las bibliotecas universitarias, los manuales y otros textos considerados como textos fundamentales de las distintas disciplinas son objeto de consulta intensiva por parte de estudiantes, docentes e investigadores. Las ediciones electrónicas de estas publicaciones presentan interesantes ventajas para todos los usuarios que de este modo pueden consultarlos a cualquier hora, sin esperas ni desplazamientos y sin tener que realizar reservas de ejemplares. Esta facilidad de acceso ha sido señalada como la principal ventaja de los libros digitales por estudiantes universitarios del Reino Unido en un estudio realizado en 2009 [2].

La comodidad y la eficacia de la lectura en pantalla han sido cuestionadas en numerosos estudios donde se han analizado

aspectos relacionados con la ergonomía (tamaño de letra y pantalla, empleo del color, luminosidad de la pantalla, etc.) [3], [4] o la velocidad lectora y grado de comprensión lectora alcanzado. Las investigaciones realizadas han puesto de manifiesto que esta lectura es menos eficiente que la lectura sobre papel, ya que es necesario emplear más tiempo para comprender el texto [5]. Esta situación se mantiene hasta hoy pese a contar con un importante avance tecnológico en el diseño de las pantallas. La lectura secuencial mantenida durante largo tiempo continúa reservada al libro impreso, y un alto porcentaje de los usuarios de estos textos en formato digital, lo hacen para consultar un capítulo o referencia concreta[2].

A modo de síntesis podemos decir que el problema más destacado de la lectura en pantalla es el de la velocidad lectora y que éste se relaciona con el desarrollo de la tecnología empleada para leer y la competencia y la familiaridad que el usuario tiene con el manejo de esta. Otra dificultad destacada que presentan los libros digitales es una merma de la eficiencia lectora entendida como la capacidad de comprensión y recuerdo. Ambos aspectos están directamente influenciados por la ergonomía cognitiva. Ambos problemas tienen a su vez una relación directa con el concepto de AI para la web, definida por Garret[6] como la disciplina encargada del diseño estructural de la información con el objetivo de facilitar el acceso intuitivo a sus contenidos y la navegación entre ellos. De este modo, un correcto diseño de la AI, en el que el etiquetado sea correcto y una estructura de contenidos adecuada, facilitará una lectura más rápida, así como un nivel de comprensión y recuerdo más altos.

Disponer de puntos de referencia permite al usuario ubicarse en todo momento el texto, contribuyendo a la comprensión del mismo. Esta función que garantizan los elementos paratextuales en el caso del libro impreso, ha de estar garantizada también en el libro digital. Para ello es necesario reinterpretar estos elementos de referencia y adaptarlos a las características del nuevo formato.

3. ESTUDIO SOBRE LA ARQUITECTURA DE LA INFORMACIÓN EN LIBROS CIENTÍFICOS ELECTRÓNICOS

El objetivo del presente estudio es averiguar si el usuario de libros electrónicos online dispone de elementos que le permitan conocer en todo momento su ubicación en el texto del mismo dentro del entorno web o biblioteca digital en la que se encuentra ubicado.

Se ha contado con participantes pertenecientes a dos perfiles de usuario: investigador/docente (5 usuarios) y estudiantes universitarios (5 usuarios). Han participado un total de 5 hombres y 5 mujeres, con edades comprendidas entre los 18 y 45 años. Ninguno de los participantes eran usuarios habituales de las plataformas analizadas, aunque todos ellos si emplean el entorno digital para la consulta de revistas científicas electrónicas. Los encuestados provienen de diversas disciplinas dentro del área de las Ciencias Sociales y Jurídicas (Pedagogía, Sociología, Biblioteconomía y Documentación o Ciencias de la actividad física y del deporte). A diferencia de lo que ocurre en otras áreas como las Tecnológicas o las de las Ciencias de la Salud, las monografías siguen ocupando un papel destacado en la producción científica. Sobre el empleo de otras tecnologías, siete de ellos emplean móvil con conexión a internet y cinco disponen además de otros dispositivos móviles con conexión a la red. La temática de los libros seleccionados no se corresponde en ningún caso con las áreas de estudio o desarrollo profesional de ninguno de los encuestados, eliminando de este modo posibles sesgos debidos al conocimiento previo de la materia.

Se han seleccionado 5 plataformas de consulta de textos científicos y un libro para cada una de ellas. La Tabla 1 indica las plataformas y libros científicos electrónicos concretos que fueron empleados en el estudio.

Tabla 1. Selección de plataformas y libros para la realización del test de usuarios

Plataforma de consulta	Libro
E-Libro	Face to Face with Orchestra and Chorus: A Handbook for Choral Conductors. [7]
Netlibrary	Future of Thinking: Learning Institutions in a Digital Age.[8]
Safari Books Online	Information Architecture for the World Wide Web.[8]
Science Direct Books Online	Guide to Research Techniques in Neuroscience. [9]
Springer Ebook Collection.	The Green House. New Directions in Sustainable Architecture.[10]

Los libros seleccionados pertenecen a disciplinas distintas e integran una muestra de la extensa variabilidad de tratamiento de estos textos. De este modo, hay libros de arquitectura en los que el elemento gráfico es muy relevante, textos que incluyen formulas matemáticas, distintos sistemas de paginación, tablas, gráficos o partituras musicales entre otros. Por otra parte, se empleó un cuestionario basado en el System Usability Scale (SUS)[11]. Cada pregunta debía ser valorada en una escala de 1 a 5, siendo 1 el mayor grado de acuerdo y 5 total desacuerdo.

Las sesiones fueron grabadas empleando para ello el software Morae versión 3.3¹. Este software permite la realización de pruebas con usuarios registrando no sólo el audio y el vídeo, sino también la actividad que realicen sobre las interfaces analizadas. Consta de tres módulos: Morae Recorder, con el que se graban las sesiones; Morae Observer, que permite realizar anotaciones sobre la sesión en el mismo momento en el que ésta se está llevando a cabo; y Morae Manager, con el que se gestionan y analizan los vídeos registrados.

Cada uno de los usuarios examinó las 5 plataformas, cada una con su correspondiente libro. Para minimizar el efecto aprendizaje, para cada usuario se aleatorizaron tanto el orden de las plataformas a analizar como la secuencia de aspectos a analizar en cada uno de las plataformas examinadas.

Cada usuario debía intentar responder a las preguntas de un cuestionario, dirigidas a averiguar si conoce en cada momento cuál es su ubicación en el texto del libro seleccionado y si es capaz de navegar por las notas y marcas que realiza sobre el mismo durante su lectura. Estas preguntas están dirigidas a analizar una serie de aspectos relacionados con la AI de cada sistema examinado y a la identificación de elementos informativos de primer orden tales como el título del libro, capítulo o subsección, el número de páginas total del libro o el número de página que se está consultando en un momento dado. Tras el examen de cada uno de los libros, los usuarios contestaron al cuestionario basado en SUS.

¹Morae usability testing from Techsmith: <http://www.techsmith.com/morae.html>

Para el análisis de las tareas se emplearon medidas orientadas a cuantificar si el usuario es capaz de localizar el elemento que da la respuesta a las preguntas planteadas (encontrado) o no (no encontrado), registrando además los casos en los que el sistema no ofrece información que permita responderla (no aplicable).

Sobre el cuestionario basado en SUS se aplicó una fórmula matemática que permite obtener el nivel de satisfacción percibida del sistema. El empleo de SUS como medida de usabilidad basada en un estudio de AI ya se ha empleado en estudios anteriores [13] para determinar el nivel de usabilidad que los usuarios perciben de una interfaz de usuario dada, en este caso las plataformas analizadas.

La Figura 1 ilustra un momento de la interacción de un usuario con uno de los sistemas analizados (concretamente Science Direct Books Online) mediante Morae.



Figura 1.Registro de la interacción de un usuario en un entorno web mediante el empleo del software Morae.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los usuarios fueron capaces de identificar la temática del libro. En el caso de E-libro se cuenta con una clasificación temática que permanece visible durante toda la navegación y el 90% de los usuarios se sirvieron de ella para contestar a esta pregunta mientras que en el resto de los casos los usuarios se basaron en otros aspectos paratextuales como las palabras clave del título o el contenido del sumario. La presencia de elementos de indización en el libro ha permitido a algunos usuarios establecer con bastante rapidez y eficacia el ámbito temático del libro que se está consultado. Pese a no ser tan informativo como la presencia de un resumen del contenido, el hecho de contar con una lista de especialidades permite ahorrarse el hojear el libro y tomar decisiones más rápidas y eficaces sobre la idoneidad de consultar en profundidad el libro seleccionado.

En el caso del libro físico, la identificación del tipo de libro (manual, guía, novela, tesis, etc.) está estrechamente asociada al formato de encuadernación. En el caso del libro digital, al no disponer de esta información, el usuario se ha servido del título, la clasificación y el sumario para determinarlo, combinándolos con un examen preliminar del contenido.

La identificación de elementos informativos de primer orden no siempre está garantizada (Tabla 2). La mitad de los usuarios no pudieron localizar el título del capítulo que estaban consultando desde el punto de lectura en el que se encontraban en el caso de la plataforma Springer y un 40% tampoco lo lograron en el caso del libro seleccionado de E-libro. Estos porcentajes aumentan significativamente cuando se trata de identificar secciones dependientes jerárquicamente de cada capítulo, alcanzando el 70% en el caso de NetLibrary y Springer, mientras que la identificación de la autoría sólo ha presentado problemas en Science Direct (20%) y Springer (10%).

La identificación del título del capítulo y de la sección está directamente relacionada con el diseño del sumario o tabla de contenidos y su visualización en paralelo durante la lectura del capítulo. La plataforma Safari es una de la que mejor resuelve este aspecto, ya que el sumario, el título del capítulo y el de la sección pueden verse en todo momento. E-libro proporciona menos información jerárquica que Safari y no señala con un cambio de color el punto en el que está posicionado el lector, pero aporta información de la extensión de cada uno de los capítulos.

Uno de los problemas más importantes es la identificación de la página actual que está consultando en un punto dado, y de la extensión del texto que se está leyendo y por tanto controlar el progreso de la lectura, tal y como ponen de manifiesto los resultados (Tabla 2). La mitad de los usuarios encuestados no pudieron contestar en qué página se encontraban en la plataforma Science Direct y hasta el 40% no localizaron el total de las páginas del libro seleccionado de la plataforma Safari. En este caso, los usuarios recurrieron a la consulta del índice para intentar responder a esta pregunta, pero no obtuvieron la información esperada ya que se trataba de un índice temático.

Las opciones de subrayar y de insertar notas no están presentes en todas las plataformas. Sólo en E-libro y NetLibrary es posible realizar anotaciones sobre el texto. El 30% de los usuarios no logra realizarlas en el primer caso y un 10% en el segundo, mientras que el 30% no pudo consultar con posterioridad las notas que había tomado en ninguna de las dos. En el caso del subrayado, sólo es posible realizarlo en el caso de E-libro y el 40% de los usuarios no pudieron consultar los párrafos que habían marcado con anterioridad. Es necesario resaltar además que en el caso de E-libro este problema está motivado por un incorrecto diseño de la iconografía empleada para esta funcionalidad, ya que no permite distinguir claramente una opción de la otra, además de la presencia del mismo texto alternativo para describir dos funcionalidades distintas. Como consecuencia de esto se han dado algunos casos en los usuarios intentasen subrayar y escogiesen la opción de insertar notas (o al revés) sin distinguir exactamente qué provocaba una acción y otra. Esta confusión inicial fue experimentada por el 100% de los usuarios y sólo en algunos casos han logrado determinar qué icono seleccionar para realizar una u otra tarea.

Pese a una adecuada identificación de los elementos disponibles para la navegación entre las páginas el regreso a secciones anteriores fue realizada con algunas dificultades en el caso de NetLibrary (20%) y E-libro (10%) plataformas en la que los usuarios no fueron capaces de regresar a la portada del libro.

Tabla 2. Porcentaje de elementos de primer orden identificados por plataforma

	Título del capítulo		Título de la sección		Autor/es	
	%E	%NE	%E	%NE	%E	%NE
Elibro	60	40	50	50	100	0
NetLibrary	90	10	30	70	100	0
Safari	100	0	80	20	100	0
Science Direct	100	0	60	40	80	20
Springer	50	50	30	70	90	10

	Página actual		nº páginas del libro	
	%E	%NE	%E	%NE
Elibro	90	10	90	10
NetLibrary	90	10	90	10
Safari	60	40	60	40
Science Direct	50	50	70	30
Springer	70	30	80	20

*E: Encontrados *NE: No Encontrados

La tabla 3 expone los resultados sobre usabilidad percibida obtenidos a través del SUS. Las diferencias entre perfiles no son muy significativas excepto en el caso de E-libro, donde es posible realizar las anotaciones y subrayar. El empleo de ambas opciones ha sido identificado como una funcionalidad necesaria por los usuarios pero el correcto empleo de ellas ha presentado diversas dificultades lo que ha modificado la valoración inicial respecto a la plataforma. En el caso de Safari, el factor que ha motivado estas diferencias entre los perfiles ha venido dado por la posibilidad de visualizar la información en diferentes formatos.

Tabla 3. Media y desviación típica del cálculo del cuestionario SUS según la plataforma de consulta.

Plataforma	Media		Desviación típica	
	P1	P2	P1	P2
E-libro	76,500	58,500	14,2083	19,4133
NetLibrary	71,00	71,50	23,888	24,341
Safari	81,500	58,000	27,7601	14,4049
ScienceDirect	48,00	53,00	16,336	16,900
Springer	58,00	57,00	34,387	28,636

* P1: Docentes P2: Estudiantes

5. CONCLUSIONES

La falta de elementos paratextuales en los textos digitales contribuye a la desorientación del usuario de este tipo de materiales y a las reticencias de estos al empleo del libro digital científico frente a su homólogo físico. El hecho de que elementos identificativos de primer orden (título del libro, autoría, título del capítulo, página de consulta, extensión del libro, etc.) no estén siempre visibles resta efectividad a este tipo de material y va en detrimento de la imagen mental que el usuario construye sobre el libro. La ausencia de funcionalidades como el subrayado o la toma de notas, pese al evidente interés de disponer de ellas cuando se trata de textos universitarios en las que es necesario realizar una lectura de trabajo sobre el texto, contribuye a que el usuario manifieste una preferencia a emplear el libro físico al digital.

Los resultados obtenidos muestran el interés y la necesidad de mejorar la arquitectura de información de estas páginas para solventar este tipo de problemas que influye en la comprensión

del texto y en la velocidad lectora. El tratamiento de los textos digitales intenta emular la experiencia lectora con el libro físico y lo que resta cierto grado de efectividad al nuevo formato que necesita emplear la valiosa información de los elementos paratextuales adaptándolos a la experiencia del usuario que lee en un entorno digital.

6. REFERENCIAS

- [1] García-Marco, F.J. 2008. El libro electrónico y digital en la ecología informacional: avances y retos. *El profesional de la información*. 17,4,373-389.
- [2] Stelle, L., Woodward, H. 2009. Understanding how student and faculty really use e-books. *Joint Information Systems Committee (JISC)*. DOI=<http://conferences.aepic.it/index.php/elpub/elpub2009/paper/viewFile/79/36>
- [3] Bauer, D., Cavanius, C. 1983. Improving the legibility of visual display units through contrast reversal. In *Ergonomic aspects of visual display terminal*. Grandjean, E., Vigliani, E. Taylor and Francis, London, 137-142.
- [4] Gould, J.D., Alfaro, L., Barnes, V., Finn, R., Grischkowsky, N., Minuto, A. 1987. Reading is slower from C.R.T displays than from paper: Attempts to isolate a single variable explanation. *Human Factors*. 29,269-299.
- [5] Muter, P., Maurutto, P. 1991. Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? *Behavior and Information Technology*, 10,4, 257-266.
- [6] Garret, J. 2003. The elements of user experience. User-centered design for the web. American Institute of Graphic Arts, Nueva York.
- [7] Mosses, D.V., Denmaree, R.W., Ohmes, S.F. 2004. *Face to Face with Orchestra and Chorus: A Handbook for Choral Conductors*. Indiana University press, Bloomington. DOI=<http://ml.oxfordjournals.org/content/87/3/477.extract>
- [8] Davidson, C.N., Goldberg, D.T., Jones, Z.M. 2010. *Future of Thinking: Learning Institutions in a Digital Age*. Cambridge, Mass, MIT Press. DOI=<http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?type=2&tid=11841>
- [9] Morville, P., Rosenfeld, L. 2006. *Information Architecture for the World Wide Web*. O'Reilly, Sebastopol, Calif. DOI=<http://my.safaribooksonline.com/book/web-development/0596527349>
- [9] Carter, M., Shieh, J.C. 2010. *Guide to Research Techniques in Neuroscience*. Academic Press, Burlington. DOI=<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123748492>
- [10] Stang, A., Hawthorne, C. 2005. *The Green House. New Directions in Sustainable Architecture*. Princeton Architectural Press, New York.
- [11] Brooke, J. 1996. "SUS: a 'quick and dirty' usability scale". In: *Usability evaluation in industry*. Jordan, P.W., Thomas, B. Weerdmeester, B.A., McClelland, I.L. Taylor and Francis, London, 189-194
- [12] López-Gil, J.M., Navarro-Molina, C., García, R, Aleixandre-Benavent, R. 2010. Análisis de la arquitectura de webs mediante tests de estrés de navegación, de usabilidad y eye tracking. *El profesional de la Información*, 19,4, 359-367.

A Study of the Human-System Interface Complexity Sources in Wastewater Treatment Plants

Pere Ponsa, A. Pérez, J. Gámiz
EPSEVG Av. Víctor Balaguer s/n
08800 Vilanova I la Geltrú
Tlf: 933721735
{pedro.ponsa, alex.perez,
javier.gamiz}@upc.edu

Cristina Manresa-Yee
UGIVIA, Math and Computer Science
Department, Univ. Illes Balears
Ed Anselm Turmeda, Crta
Valldemossa, Km 7.5 , 07122 Palma
Tlf: 971259721
cristina.manresa@uib.es

Ramon Vilanova
Telecommunications and Eng.
Systems Department, ETSE,
Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra
Tlf: 935812197
ramon.vilanova@uab.cat

ABSTRACT

In human-automation interaction it is necessary to define methods and tools to assess the human-system interface complexity. In a first assessment, the use of an evaluation questionnaire aiming at detecting complexity sources in the human supervisory control room tasks in wastewater treatment plants (WWTP) is presented in this paper. The first results show that the elicitation of complexity sources can be useful to improve the interaction between humans and safety-critical systems in the industrial domain.

Categories and Subject Descriptors

D.2.8 [Metrics]: Complexity Measures. H.5.2 [User Interfaces]: Screen Design. I.2.1 [Applications and Expert Systems]: Industrial Automation.

General Terms

Human Factors.

Keywords

Complexity, Automation, Interface.

1. INTRODUCTION

In the Human-Machine Interaction (HMI) domain, many researchers are trying to model complexity. Complexity is defined in the air traffic control domain as the *quantity, variety and interconnections* inside a particular system [1]. Javaux and De Keyser define cognitive complexity as *the quantity of cognitive resources that a human operator must involve to make sure that tasks are executed with an acceptable level of performance* [2]. The research problem is focused on the distinction between objective complexity and perceived complexity. A system can be internally complex or not and it could be perceived as complex anyway by its operator [3]. How can we simplify its use?

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.
Interaccion'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

This problem is important in safety-critical systems, where the human error is the main causal factor for almost 70% of accidents [4].

It is still not clear which aspects of a control room contribute to increase perceived complexity and how this complexity affects the operator's performance. Recent studies in nuclear power plant control rooms are trying to understand complexity sources following field studies with interviews with reactor personnel and use a full scale simulator [5].

These researchers apply the Human Reliability Analysis (HRA), an incident report database with 22 commercial nuclear plant incidents and an elicitation questionnaire to identify a set of complexity sources with the help of control room operators. This is an ongoing research in the assessment of human-system interaction complexity [6].

From the point of view of complexity-mitigation strategies there are a set of useful rules [7]:

- Study the attention capacities of the human operator
- Interfaces may be optimized
- The system might be developed more usable
- The user may be trained in the operating of the interface, system, environment (trying to decrease the unpredictability)
- The system itself may be made more stable (encouraging cognitive stability)

In this paper we adopt a process model engineering approach (Figure 1) and we present the adaptation of a questionnaire tool aiming at contributing the identification of complexity sources in the field of industrial automation and the use of this questionnaire by wastewater treatment plant (WWTP) control room expert operators.

2. COMPLEXITY SOURCES

Following the process model engineering approach, the first step is to obtain the complexity sources. In the context of human automation systems we have been working in a questionnaire tool prototype. This Complexity questionnaire allows us to manage complexity in an industrial control room and is an adaptation of a questionnaire to manage complexity in nuclear power plant control rooms [5].

An effective display is the second step in the development of a process model engineering in the control of WWTP interfaces: GEDIS ergonomic guideline for supervisory control interface design: an online adaptation of this guideline [8]

By integrating the identified complexity sources in the redesign of the WWTP graphical interface, the objective is to reduce the interface complexity.

When the design phase is finished it is necessary a feedback into the control room with the aim to change the current interface with the improved interface. In this context it is necessary a meeting with the managers, control room operators, maintenance personnel, and other stakeholders to plan and execute these changes. Differently from the nuclear power plant domain, where there is a regulatory commission [9], in industrial automation there is a lack of industrial control commissions that supervise these processes. We are developing research activities in order to highlight to the industrial control community the importance of ergonomic design in initial phases of control room design (Implementation, Launch and Evaluation phases).

Focusing our work in complexity, complexity could be explained objectively and subjectively. Objective complexity is associated with the automated system. One approach to investigate the objective sources of complexity in the control room environments is to study and analyze real world incidents. Alternatively, subjective complexity is related to human perception and the way human process perceived information [10], [11].

The complexity questionnaire tries to identify the complexity sources. The complexity sources categories are six:

- Physical environment
- Task factors
- Procedural factors
- Organizational factors
- Human-system interface
- Cognitive factors [5]

In each category, the questionnaire has a set of heuristics. Examples of heuristics are: "Does the variety of display features assist you in acquiring information?" or "How do the physical interactions within the control room affect you?".

The questionnaire has 84 questions. In the human-system interface category, the objective is to assess the control room components (screen, controllers) with which operators must interact in order to control, monitor and interact with the system.

Professionals from a usability laboratory together with an expert in industrial supervision and maintenance collaborated to adapt a complexity source questionnaire to manage complexity in an industrial control room. In our prototype we are trying to improve the grouping of the questions in categories, creating an on line questionnaire and we are working in a Spanish version of the original questionnaire.

The questionnaire tool has been developed in PHP language [12] and supported by a MySQL database Server [13]. In the response process, we are using PHP AJAX Classes [14] to register and evaluate the answers synchronously and instantly. AJAX is a valuable technology for our purposes [15]. The Information

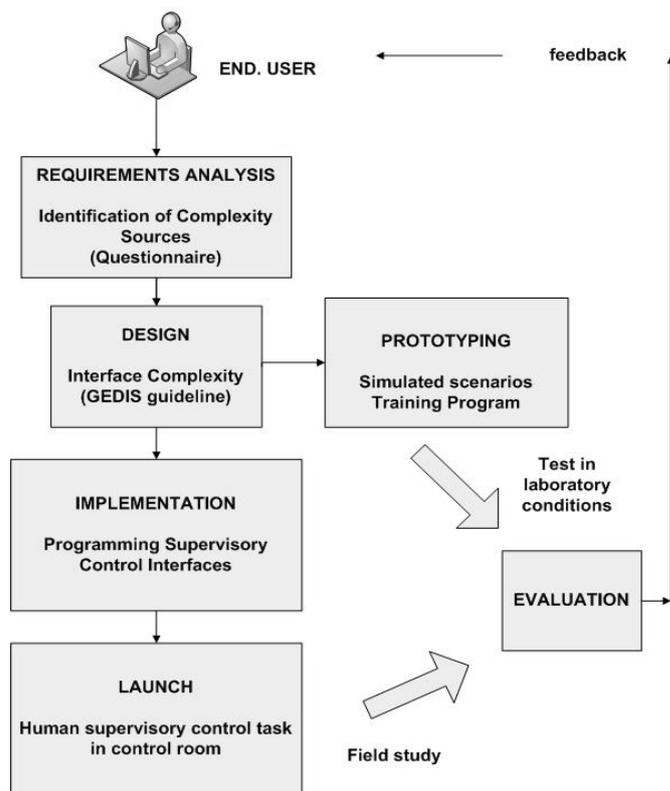


Figure. 1. Process Model

Technology Services department provides us the network and servers facilities.

In a first approach the context of use is: human supervisory control room operators in Wastewater Treatment Plants (WWTP) with the aim to improve the current graphical interface; however the questionnaire can be used in other processes control.

The first approach in our collaborative work is the development of WWTP interfaces using a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) software and taking into account the operator assessment in order to obtain effective displays. .

The schedule of the collaboration is as follows:

- Adaptation of the original complexity source questionnaire into a Spanish version (December 2010)
- Design of an online complexity source questionnaire (February 2011)
- Test with three WWTP Spanish control room operators (April 2011)
- Develop heuristics and recommendations in order to improve a WWTP supervisory control interface (May 2011)
- Prototype design of an effective WWTP display (October 2011)
- Show the first results to the scientific community in industrial process control

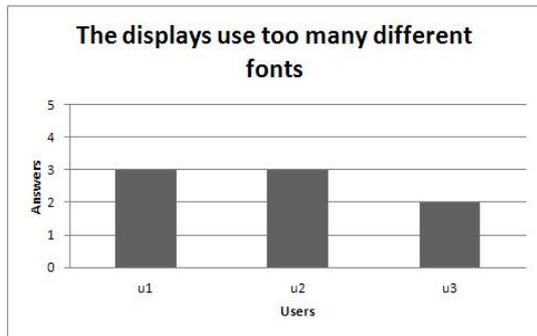


Figure 2. Assessment of different fonts

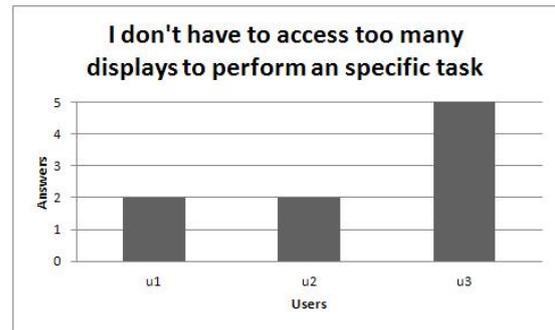


Figure 3. Assessment of architecture and navigation

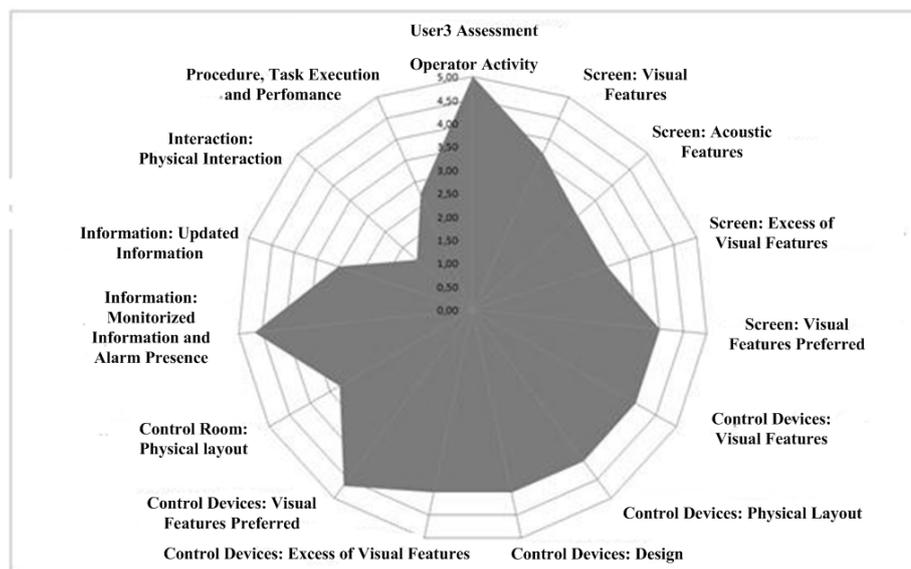


Figure 4. User3 global assessment

The complexity source questionnaire is a Likert 5-point scale (from strongly disagree (1) to strongly agree (5)). For example in the question “The displays use too many different fonts”, user1 assess 3, user2 assess 3 and user3 assess 2 (Figure 2). A good recommendation is to revise the font’s number on the screen. A second example, in the question “I don’t have to access too many displays to perform a specific task”, user1 assess 2, user2 assess 2 and user3 assess 5 (Figure 3). A good recommendation is to revise the architecture of the interface and create an accessible navigation bar.

In the original complexity source questionnaire there are open questions. For example: “How complex is your job? What makes it complex or not?” In this question user1 assess that the complexity level is low, the user2 assess that the complexity level is medium and the user3 assess that the complexity level is low. The user2 has three years of experience while user1 and user3 have ten years of experience. Unlike nuclear power plant, the real incidents are less frequent, however by the answers of the operators the abnormal situation management is a critical factor in their work.

A polar diagram can help us to identify the low answers (strongly disagree is a minimum on Figure 4). In the global assessment of the user3, important factors are the physical interaction with the environment and with the other operators in the control room.

With the use of an open dialog box, inside the questionnaire tool, the user can explain these facts. User3 shows that is easy to access the screens, however it is necessary to configure a great variety of parameters. From the point of view of the physical interaction, this user shows the high effort to attend the maintenance devices (secondary task) and in some occasions he loses the concentration in supervisory tasks (primary task). In some occasions this user feels overwhelmed by the amount of interaction with other operators required by the system.

Due to the results of the complexity questionnaire, we have acknowledge the necessity of improving some heuristics as: fonts, architecture and navigation. Following the words of Xing: *a questionnaire can be used to determine when the complexity of a display is beyond the operator's capacity limits of information processing, thus, the display is unacceptable for efficient and safe operation*"[16].

3. CONCLUSIONS

The integration between human-computer interaction methods and a human factors approach can be useful to study the perceived complexity in industrial control processes. The perceived complexity of the system by a human operator can increase the workload and unpredictability for this operator. Hence, reducing the complexity for the operator can affect to the performance. For this reason complexity-mitigation strategies are necessary.

In a first approach we have been developing a set of questionnaires tools (identification of complexity sources and display design). The programming tool is flexible in the sense that it is easy to adapt it and create new questionnaires and the user has remote access.

In this paper we focus the attention on the human-system interface of wastewater treatment plants. With the WWTP operator answers in the complexity questionnaire it is possible to detect a set of anomalies. In the industrial-academic cooperation we have the ability to transfer knowledge. In this sense we are working in a Spanish CICYT program in order to optimize the control algorithms and the performance of Spanish Wastewater Treatment Plants.

Our experience in implementing role playing and the project-based learning methodology, have shown us the need to develop methodologies and tools that facilitate in the future a training program for control engineers. In this context, we are interested in the study of human-system interface complexity and the relationship with the perceived usefulness PE and perceived easy-of use PEOU concepts.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported in part by an economical aid of our University and supported in part by a Spanish CICYT program.

5. REFERENCES

- [1] Xing, J. 2007. Information complexity in air traffic control displays. Final report DOT/FAA/AM-07/26, Federal Aviation Administration.

- [2] Javaux, D. and De Keyser, V. 1998. Complexité et conscience de la situation. Rapport final SFACT/DGAC.
- [3] Boy, G. and Bradshaw J. 2006. Perceived complexity versus internal complexity. Did we take account expertise, reliability and cognitive stability?. In *Proceedings of the Second Symposium on Resilience Engineering* (Juan-Les-Pins, France, November 8-10, 2006), 1-8.
- [4] Stanton, N.A., Salmon, P., Jenkins, D. and Walker, G. 2010. *Human factors in the design and evaluation of central control room operations*, CRC Press.
- [5] Cummings, M.L., Sasangohar, F. and Thornburg, K.M. 2010. Human-system interface complexity and opacity. Part I: Literature review. HAL2010-01 rapport, Human Automation Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- [6] Sasangohar, F. and Cummings, M.L. 2010. Human-system interface complexity and opacity. Part II: Methods and tools to assess HIS complexity. HAL2010-03 rapport, Human Automation Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- [7] Miller, C. 2000. The human factor in complexity. In *Automation, control and complexity*, Samad, T. and Weyrauch, J, (Eds), John Wiley and Sons, New York, 35-58.
- [8] Ponsa, P. and Díaz, M, 2007. Creation of an ergonomic guideline for supervisory control interface design. In *Proceedings of Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics*. Lectures Notes on Computer Science, Vol 1562, 137-146, DOI: 10.1007/978-3-540-73331-7_15
- [9] O'Hara, J., Stubler, B. and Kramer, J. 1998. Human factors considerations in control room modernization: trends and personnel performance issues. Department of Advanced technology, Brookhaven National Laboratory, Office of nuclear regulatory research, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- [10] Falzon, P. and Sauvagnac, C. 2009. Carga de trabajo y estrés. In *Manual de ergonomía*, Falzon, P. (Ed.), Homo Faber, Modus Laborandi, Madrid
- [11] Leplat, J. 1988. Task complexity in work situations. In *Tasks, errors and mental models*, Goodstein, L.P., Andersen, H.B. and Olsen, S.E. (Eds.), Taylor & Francis, London, 105-115.
- [12] PHP Group 2012. Hypertext Preprocessor. In URL: <http://www.php.net/manual/es/preface.php>.
- [13] Mysql Enterprise 2012. In URL: <http://www.mysql.com/products/enterprise/>
- [14] XAjax Community 2012. In URL: <http://xajaxproject.org/>
- [15] García-Zubía, J., Orduña, P., López-de-Ipiña, D. and Alves. G.R. 2009. Addressing software impact in the design of remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol 56, 12, 4757-4767.
- [16] Xing, J. 2008. Designing questionnaires for controlling and managing information complexity in visual displays. Final report DOT/FAA/AM-08/18, Federal Aviation Administration.

Proyecto NeuroGame: Neuro-Evaluación Multimodal de Videojuegos

Antonio Loscertales¹, Eva Cerezo¹, Marco Creatura², José Luis González³, Javier Minguez¹,
Rosa Gil³, Sandra Baldassarri¹ and Yolanda López⁴

¹ Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza.
antonio.loscertales@gmail.com, {ecerezo, jminguez, sandra}@unizar.es

² BitBrain Technologies. CEEI, C/ María de Luna nº 11. Nave 4. 50018, Zaragoza.
marcocreatura@bitbrain.es

³ GRIHO, Universitat de Lleida.

joseluisgs@diei.udl.cat, rgil@griho.net

⁴ Departamento de Psicología y Sociología, Universidad de Zaragoza.
ylopez.iacs@gmail.com

ABSTRACT

Los videojuegos van tomando cada día un papel más importante en el sector del ocio y el entretenimiento, siendo su impacto económico cada vez mayor. Es por ello que la detección temprana, incluso en las fases de diseño, de la aceptación y el impacto del videojuego en los potenciales usuarios se ha vuelto una cuestión de suma importancia. Este trabajo propone una metodología para la evaluación hedónica de videojuegos basada en la medida en laboratorio de las respuestas emocionales y cognitivas de los usuarios. La metodología cubre no sólo la evaluación de la jugabilidad sino de los aspectos más relevantes del diseño que tengan impacto sobre la misma. La metodología se apoya en el uso de las tecnologías actualmente disponibles de detección emocional y cognitiva que permitan la evaluación multimodal a través de diversos canales (visuales, auditivos, fisiológicos). En el montaje experimental propuesto destaca el uso de los sensores fisiológicos que permitan la neuro-evaluación emocional de la experiencia de usuario. La metodología propuesta se aplica en el proyecto NeuroGame a la evaluación intensiva y detallada de tres videojuegos. Se presentan los resultados obtenidos de unas primeras pruebas con usuarios en laboratorio.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [Models and Principles]: User/Machine Systems – *human factors, human information processing, software psychology.*

H.5.1 [Information Interfaces and Presentation]: Multimedia Information Systems – *evaluation, methodology.*

General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Experiencia de Usuario, Evaluación emocional multimodal, Interfaces cerebro-computador, Videojuegos.

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de Interacción Persona-Ordenador, la evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) se define como “la percepción de una persona y las respuestas subjetivas de ésta como resultado de la utilización y/o el uso de un producto, sistema o servicio” [ISO/IEC 9241-210, 2010. Clause 2.15], de forma que asume un rol fundamental en el diseño y desarrollo de productos interactivos. En este contexto, la UX y, en particular, la evaluación hedónica (¿qué sentimos al realizar la tarea?) completa las informaciones clásicas más orientadas a una evaluación pragmática (¿para qué sirve?). Este enfoque permite obtener una visión amplia direccionada a mejorar la aceptación del producto, la experiencia interactiva y el retorno económico en fase de desarrollo del producto [6] [11].

Es importante señalar que los estados emocionales usualmente asociados a la experiencia del usuario, influyen procesos cognitivos como la capacidad de atención y memorización, el rendimiento del usuario y, de esta forma, su valoración del producto [16] [2], teniendo así un rol fundamental en la fase de diseño de éste.

El presente artículo presenta NeuroGame, un proyecto multidisciplinar que tiene como objeto profundizar en la comprensión de la medición y el análisis de información asociada a la evaluación hedónica, en forma de respuestas emocionales y cognitivas, para obtener una perspectiva más detallada y precisa de la Experiencia de Usuario. En dicho proyecto participa el AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza, el grupo GRIHO de la Universitat de Lleida, la empresa BitBrain Technologies y el Departamento de Psicología y Sociología de la Universidad de Zaragoza. El ámbito de aplicación del proyecto es el del ocio y entretenimiento y, más concretamente, los videojuegos.

El objetivo del artículo es doble. En primer lugar, se propone una metodología general de evaluación de videojuegos tanto en los aspectos de diseño como de jugabilidad, que se centra en la evaluación de la Experiencia de Usuario a través del análisis de las respuestas emocionales y cognitivas de los usuarios medidas en laboratorio. La metodología involucra una serie de tecnologías que permiten la evaluación a través de diversos canales. En segundo lugar, el artículo plantea, basándose en dicha metodología general, la evaluación hedónica de diversos aspectos de tres videojuegos concretos y presenta al final los resultados de las primeras pruebas llevadas a cabo con usuarios.

La estructura del artículo es la siguiente: en el apartado 2 se repasan los trabajos relacionados mientras que en el apartado 3 se detallan las tecnologías involucradas en la metodología presentada en el apartado 4. El apartado 5 detalla la aplicación de la metodología propuesta a la evaluación de la jugabilidad y el diseño de tres videojuegos, presentándose en el apartado 6 los resultados de las primeras pruebas llevadas a cabo. Por último, en la sección 7 se comentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

El contexto de los videojuegos y su relación con las emociones es una combinación que en los últimos años ha atraído relativa atención en forma de varios estudios. Concretamente, en el estudio de Ravaja et al. [18] se analizan los patrones de las respuestas emocionales de los usuarios ante varios videojuegos. Los resultados sugieren la utilidad del análisis de los patrones de las respuestas emocionales en el diseño de videojuegos. Otros estudios [14] proponen y estudian la eficacia de las mediciones fisiológicas como evaluación de la UX en el campo de la tecnología de entretenimiento. Los resultados muestran la relación entre las medidas fisiológicas registradas y los cuestionarios proporcionados a los participantes. Este tipo de investigaciones suponen un primer avance hacia la evaluación completa de la Experiencia del Usuario. Recientemente se ha propuesto y llevado a cabo [6] una evaluación de la Experiencia del Usuario respecto a la jugabilidad de un videojuego con técnicas de análisis hedónico. Las conclusiones muestran que factores como la respuesta emocional y la influencia sociocultural enriquecen los métodos tradicionales de evaluación, aconsejando su uso desde etapas más tempranas del desarrollo.

La definición, el modelado y la representación de las emociones sigue siendo objeto de estudio en el campo de la psicología y la computación afectiva [17]. Existen dos enfoques fundamentalmente [7]: el enfoque categórico o discreto y el enfoque dimensional. El enfoque categórico se basa en la clasificación de emociones en categorías [5], por lo que supone una representación discreta de las emociones incapaz de reflejar el amplio rango de emociones complejas que un ser humano es capaz de expresar. El segundo enfoque es dimensional, y establece que las emociones conforman un espacio continuo multidimensional en el que unas y otras no son independientes sino que se relacionan de forma sistemática, siendo el modelo tridimensional (valencia, activación y control) [19] uno de los más extendidos, por lo que ha sido el elegido en NeuroGame y será detallado más adelante.

En cuanto a las respuestas emocionales en sí, estas pueden darse a través de diversos canales. El canal tradicional de detección emocional han sido las imágenes faciales, pero en los últimos años [7] se han ido incorporado otros canales como el sonoro (voz) y, muy especialmente, los fisiológicos (ver Tabla 1). Esto es debido a las crecientes evidencias de que los estados emocionales están relacionados con cambios fisiológicos específicos. En esta línea, se han llevado a cabo estudios experimentales para analizar las respuestas emocionales frente a diferentes tipologías de estímulos: sonidos especiales, música, imágenes, vídeos de películas, videoclips, etc. La Tabla 2 muestra los trabajos más relevantes en esa línea.

A continuación se concreta el despliegue tecnológico propuesto por el proyecto NeuroGame.

3. TECNOLOGÍAS INVOLUCRADAS

En el proyecto NeuroGame se propone el uso de un despliegue sensorial (ver Tabla 1) que permita recoger información tanto

fisiológica como no fisiológica con el objeto de obtener una visión fiable y completa del estado emocional del usuario. Los sensores fisiológicos se han dividido en aquellos que miden directamente la actividad del Sistema Nervioso Central (SNC) y del Sistema Nervioso Periférico (SNP). En cuanto a los no fisiológicos se persigue básicamente el análisis mediante videocámara de la respuesta facial emocional, complementada por un *EyeTracker* y un micrófono.

Tabla 1. Sensores usados en la literatura para la detección del estado emocional del usuario (en negrita los involucrados en el proyecto NeuroGame).

Sensores Fisiológicos	No fisiológicos
Originados en el Sistema Nervioso Centralizado (SNC): Electroencefalograma (EEG)	Videocámaras (VCF + VCC)
Originados en el Sistema Nervioso Periférico (SNP): Electrocardiograma (ECG) Electromiograma (EMG) Volumen de pulso sanguíneo (BVP) Conductividad de la piel (SC) Respiración (RSP) Saturación de Oxígeno (SpO2) Temperatura de la piel (ST) Electrooculograma (EOG)	Micrófonos (M) EyeTracker (ET)

3.1 Sensores fisiológicos

Las señales fisiológicas de origen eléctrico aportan medidas directas e indirectas sobre el estado emocional y además, aquellas que registran directamente la actividad del SNC, pueden aportar medidas sobre funciones cognitivas. A continuación se describe la funcionalidad de cada uno de los involucrados en el proyecto:

- **Electroencefalograma (EEG)**: mide la actividad eléctrica del cerebro. Se realiza colocando un gorro con electrodos puestos en contacto con el cuero cabelludo. Los potenciales registrados son originados en el SNC.
- **Sensor de Volumen de Pulso Sanguíneo (BVP)**: mide de forma no invasiva los cambios relativos de volumen sanguíneo. Esta medición indica la cantidad de sangre que circula actualmente a través de las venas, lo cual permite calcular la vasoconstricción, la dilatación vascular y la frecuencia cardíaca.
- **Sensor de Conductividad de la Piel (SC)**: conocido también como sensor de la actividad eléctrica de la dermis, sirve para medir la capacidad de la piel para la transmisión de corrientes eléctricas, que varían cuando hay sudoración y cambios en el organismo.
- **Sensor de Respiración (RSP)**: mide los cambios de respiración. Con la señal de este sensor se puede calcular parámetros fisiológicos respiratorios como la frecuencia respiratoria, la amplitud relativa de la respiración y la profundidad y rapidez de la ésta.
- **Sensor de Saturación de Oxígeno (SpO2)**: permite monitorizar el nivel de oxigenación de la hemoglobina.
- **Sensor de Temperatura de la Piel (ST)**: sirve para medir la temperatura de la superficie de la piel.

Es importante señalar que no todos los sensores se usan en todas las fases de la evaluación. Esto es debido a que algunos de ellos

Tabla 2. Trabajos relevantes donde se estudian, mediante diferentes sensores de tipo fisiológico, las respuestas emocionales de los usuarios ante diferentes tipos de estímulos.

Ref.	Estímulos	Sensores	Resultados	Emociones involucradas
Maaoui et Pruski, 2010 [13]	Imágenes	SC, BVP, EMG, ST, RSP	Precisión del 92% en el reconoc. de las seis emociones.	Diversión, alegría, asco, miedo, tristeza, neutro.
Cutbert et al, 2000 [4]	Imágenes	EEG, EMG, ECG, SC	Cambios en parámetros durante estímulos.	Agrado, desagrado y neutro.
Wagner et al, 2005 [20]	Canciones	SC, EMG, ECG, RSP	Precisión en media del 80% en el reconoc. Emocional.	Alegría, ira, placer, tristeza.
Liu et al, 2010 [12]	Sonidos	EEG	Nuevo algoritmo para reconoc. y visualiz. de emociones en tiempo real.	Miedo, frustración, alegría, complacencia, tristeza, satisfacción.
Nasoz et al, 2003 [15]	Fragmentos de películas	SC, ST, ECG	Precisión en media del 76% en el reconoc. emocional.	Tristeza, ira, miedo, sorpresa, frustración, diversión.
Costa et al, 2006 [3]	Fragmentos de películas	EEG	Aumento del índice de sincron. durante estímulos emocionales.	Alegría, tristeza.

tienen un impacto invasivo sobre el sujeto de evaluación por lo que no es posible su uso en algunas fases (e.g. sensores colocados en los dedos no permiten al usuario jugar de forma natural).

3.2 Sensores no fisiológicos

Los sensores que miden actividad fisiológica se complementan con otros sensores, los cuales aportan información emocional y de atención visual. Los sensores asociados son:

- **Videocámara frontal (VCF):** pequeña videocámara situada sobre la pantalla, enfrente del usuario, con objeto de grabar las expresiones faciales del mismo. Trabaja a una resolución de 752x480 píxeles con una frecuencia de 60 FPS (fotogramas por segundo).
- **Videocámara de campo (VCC):** se utiliza para monitorizar toda la actividad durante el experimento. Su objetivo es conservar un registro de todo lo ocurrido durante la evaluación. Se empleará una resolución de 1280x720 píxeles y una frecuencia de 30 FPS.
- **Micrófono (M):** se utilizará el micrófono para registrar las palabras o sonidos que el sujeto de evaluación pueda realizar durante el experimento.
- **EyeTracker (ET):** sirve para evaluar el punto donde se fija la mirada. Aunque existen de diversas características, en el proyecto se dispone de una tecnología consistente en unas gafas con una cámara integrada en la parte superior del ojo derecho del usuario.

A diferencia de los sensores fisiológicos, las videocámaras necesitan para su correcta recogida de datos unas determinadas condiciones de iluminación, posición y frecuencia:

- Iluminación: debe alcanzarse un nivel suficiente para que el rostro del usuario sea capturado adecuadamente por la videocámara frontal (VCF) de forma que el seguimiento de las características faciales necesarias para la clasificación emocional sea factible [9].
- Posición: es muy importante, pues de ella depende la calidad de los datos que serán evaluados. De acuerdo con [10], se realizaron varias pruebas previamente con las videocámaras del experimento, y finalmente se concluyó que el sujeto

debería colocarse a 1.2 metros de la cámara frontal de modo que su cara quedara centrada horizontalmente y ligeramente por encima del eje horizontal que divide la imagen en dos.

- Frecuencia: En el experimento se ha utilizado una videocámara frontal especializada en tecnología para visión artificial y aplicaciones de visión por computador. Se utilizará aquella configuración que proporcione la mayor frecuencia posible para garantizar un correcto seguimiento facial.

4. METODOLOGÍA

A continuación se propone una metodología general de evaluación multimodal y emocional de videojuegos. En este apartado, se definirá el objeto y los sujetos de estudio, las dimensiones emocionales involucradas y el proceso de evaluación a seguir.

4.1 Objeto de estudio

Uno o varios videojuegos elegidos por sus similitudes en cuanto género, historia y protagonistas.

4.2 Sujetos de estudio

El tamaño muestral del experimento será de unos 20 sujetos balanceando el número de hombres/mujeres en la medida de lo posible. Se reclutarán personas atendiendo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión: 1.- Edad: 18-34 años. 2.- Ausencia de tratamiento farmacológico o psicológico actual o en el mes previo al estudio. 3.- Correcta comprensión de español hablado y escrito 4.- Aceptación de consentimiento informado de su participación en el estudio.

Criterios de exclusión: 1.- Trastorno psiquiátrico o físico que impidiese el correcto desarrollo del entrenamiento y/o evaluación. 2.- Imposibilidad de acudir o de realizar las sesiones de evaluación. 3.- No aceptación de consentimiento informado para su participación en el estudio. 4.- No haber jugado a ninguno de los videojuegos seleccionados para el experimento.

Para asegurar que el sujeto de evaluación cumple tanto los criterios de inclusión como los de exclusión, deberá rellenar un test antes de ser aceptado como sujeto del experimento. En el test se incluirán todas las preguntas necesarias para asegurar que el candidato cumple con el perfil necesario, además de aquellos

aspectos de origen sociocultural, útiles para la relación entre los resultados y el perfil de usuario, así como un consentimiento informado donde se explique claramente la naturaleza de las pruebas y el rol de los sujetos en ella, que deberá ser firmado por duplicado por el sujeto y un miembro del equipo evaluador.

4.3 Dimensiones emocionales

Se opta por un enfoque dimensional basado en el modelo de emociones de Russell [19]. En este modelo la variabilidad de una emoción se representa mediante tres dimensiones: activación, valencia y control o dominancia. La dimensión de activación se refiere al grado de excitación o apatía de la emoción y va desde emociones apáticas como el aburrimiento hasta emociones de máxima activación como la ira o la sorpresa. La dimensión de valencia se refiere a la forma negativa o positiva de la emoción, oscilando desde sentimientos desagradables hasta sentimientos agradables como la felicidad. Por último, la dimensión de control se refiere al grado de dominancia o control de la situación (i.e. si la situación supera al sujeto que está sintiendo la emoción o por el contrario es éste quien controla la situación).

Durante el experimento, se les pedirá a los usuarios que realicen pequeños test o valoraciones donde deberán indicar las emociones experimentadas. Para ello, se utilizará la escala SAM [1] (ver Figura 1). En ella, los usuarios deben etiquetarse en las tres dimensiones de interés (activación, valencia y control o dominancia) en una escala numerada del 1 (mínimo) al 9 (máximo). Además, la escala SAM viene acompañada de dibujos que van acordes a la valoración numérica, facilitando la comprensión y etiquetado en los sujetos de evaluación.

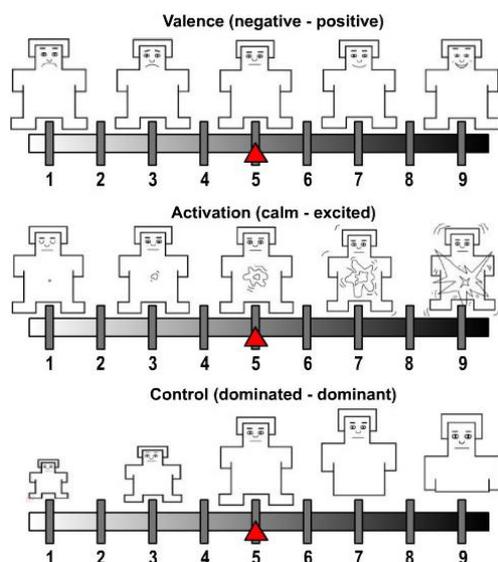


Figura 1. Escala SAM (Self-Assessment Manikin) a usar para la autoevaluación emocional.

4.4 Procedimiento

La evaluación se estructurará en una o varias sesiones. Todas las sesiones de evaluación constarán de dos partes bien diferenciadas: calibración y evaluación. En ambas se presentarán al usuario estímulos de una o varias modalidades (imágenes estáticas, videos, melodías,...). El objetivo de la calibración será estimular a la persona en las dos condiciones extremas dentro de cada una de las tres dimensiones emocionales (activación, valencia y control o dominancia). De este modo, se construirán las referencias para la evaluación posterior de la respuesta emocional del usuario. La

evaluación consistirá en la presentación de estímulos diana y de ruido (otros estímulos no relacionados con el tema de interés), obteniendo las medidas sensoriales de respuesta para su posterior análisis. En una evaluación se considerarán una o varias categorías del videojuego (por ejemplo, los personajes o la ambientación) que se considere interesante evaluar. Para cada una de las categorías se presentarán una serie de muestras. Una muestra se compondrá de un descanso, un estímulo (ruido o diana) y una valoración por parte del usuario. En la Tabla 3 se presenta un glosario de términos con objeto de ayudar a la comprensión del proceso.

Tabla 3. Glosario de términos relacionados con la evaluación

Término	Definición
Sesión	Unidad de tiempo de trabajo con el sujeto.
Modalidad	Tipo de estímulo (imagen, melodía, vídeo o interacción).
Calibración	Parte de la sesión dedicada a tomar medidas con el objeto de usarlas como estados de referencia. Una calibración está asociada a una modalidad y se descompone en muestras.
Evaluación	Parte de la sesión dedicada a tomar medidas con objeto de evaluarlas. La evaluación puede ser de una o varias categorías.
Categoría	Tipología de elementos de un videojuego a evaluar en una sesión. Una categoría está asociada a una modalidad y se descompone en muestras.
Muestra	Conjunto de acciones a realizar cuando se presenta un estímulo. Una muestra está siempre compuesta de descanso, estímulo y valoración.

4.5 Sesiones

En este apartado se detallan las partes principales de las que se compone una sesión. Como se ha mencionado anteriormente, se denomina sesión a una unidad de tiempo de trabajo con el sujeto. Debido a la duración que supone analizar todas aquellas categorías de interés en un experimento, es muy probable que éste deba partirse en varios días, realizando una sesión por cada uno de ellos. En la Figura 2 se presenta el esquema general de una sesión. A continuación se detallan cada una de las tres partes principales de una sesión: Configuración Inicial, Calibración y Evaluación.

4.5.1 Configuración Inicial

La configuración inicial es imprescindible al comienzo de cada sesión ya que en ella se realizará la puesta a punto de todos los sensores del experimento. Durante esta parte, además de la comprobación del funcionamiento y la configuración de sensores, se realizará también la toma del *baseline* en la que todos los sensores tomarán mediciones en las que el sujeto permanecerá en situación de reposo total. El propósito de la toma de esta medida es la adquisición de un punto de referencia en el que el usuario se encuentra en el estado neutro (sin emociones). No será necesario mostrar al sujeto de evaluación ningún estímulo para esta etapa.

4.5.2 Calibración

La calibración es un paso fundamental para lograr los objetivos, dado que las medidas calibradas se utilizarán para encontrar las relaciones entre las emociones y las señales fisiológicas para el usuario concreto que esté llevando a cabo la evaluación. La información de calibración será útil durante el procesado de datos de modo que puedan conocerse tanto los estados neutros como los límites en las dimensiones emocionales evaluadas para el sujeto

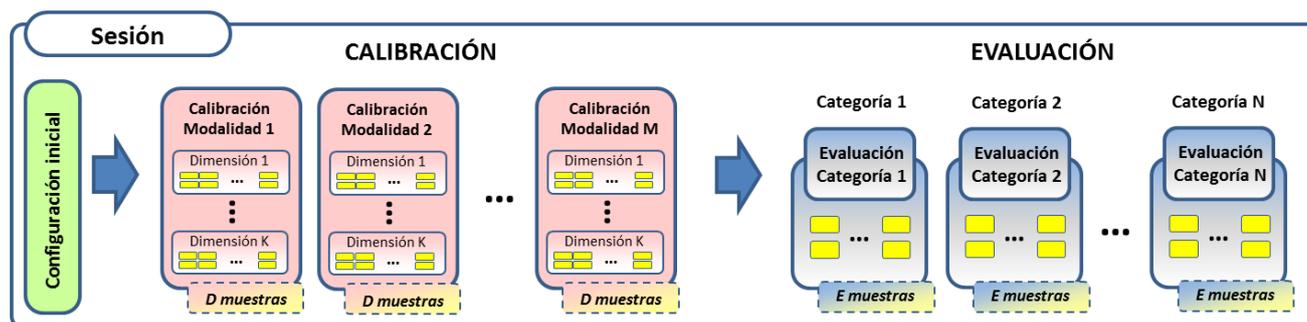


Figura 2. Esquema general de una sesión

calibrado (i.e. un sujeto de evaluación puede mostrar una leve sonrisa al ser inducido con un estímulo etiquetado en el extremo de una dimensión, mientras que otro puede mostrarse mucho más expresivo con el mismo estímulo). La calibración puede ser de 4 tipos distintos, atendiendo a las diferentes modalidades: imagen, melodía, vídeo e interacción. A su vez, para cada modalidad habrá que calibrar cada una de las dimensiones emocionales. Por último, por cada dimensión emocional a calibrar se presentarán al sujeto un número de muestras divididas en dos cantidades iguales: la primera mitad de las muestras contendrá estímulos etiquetados en el máximo de esa dimensión, y la segunda mitad etiquetados en el mínimo. El orden de la presentación de las muestras en la calibración de una modalidad para una determinada dimensión será aleatorio. Como se ha visto antes en el glosario las muestras de la calibración contienen, además del estímulo, un pequeño tiempo de descanso al inicio y una valoración del sujeto al final (donde éste realizará un pequeño test y una autoevaluación en las dimensiones que se esté calibrando). Es importante señalar que una calibración en una determinada modalidad debe hacerse siempre que posteriormente se vaya a evaluar categorías asociadas a dicha modalidad. Esto es, si en una sesión van a evaluarse personajes en forma de imágenes, deberá hacerse previa y necesariamente una calibración de imágenes.

4.5.2.1 Evaluación

La evaluación es aquella parte de la sesión dedicada a tomar medidas con objeto de su posterior análisis. Durante la parte de la evaluación de una sesión, se evalúan categorías (elementos del videojuego). Cada categoría tiene asociada una modalidad. Esto es, si se desea evaluar la categoría relacionada con la banda sonora del videojuego, necesariamente estará asociada a la modalidad melodías. Una categoría está compuesta de un número determinado de muestras. Las muestras, del mismo modo que en la calibración, están compuestas de un breve descanso, un estímulo y una parte de valoración. Los estímulos también estarán divididos a partes iguales, pero en el caso de la Evaluación será en estímulos diana (aquellos con contenidos de los videojuegos a evaluar) y estímulos ruido (aquellos no relacionados con los videojuegos de interés). El descanso será un breve periodo de tiempo durante el cual el sujeto deberá relajarse y la valoración es un pequeño test donde el sujeto responderá preguntas relacionadas con el estímulo y la categoría, autoevaluándose en las dimensiones calibradas.

5. EVALUACIÓN PROPUESTA

El objetivo final de NeuroGame es llevar a cabo una evaluación multimodal y hedónica comparativa del diseño y la jugabilidad de varios videojuegos, con especial atención a los aspectos socioculturales que tengan relevancia en el diseño del juego. En

este apartado se aplica la metodología general presentada en el apartado anterior al diseño de una evaluación concreta. La evaluación tendrá como objeto el análisis de tres videojuegos: *Castelvania: Lords of Shadow*, *Dante's Inferno* y *God of War III*, elegidos por sus similitudes en la historia y en los protagonistas, por estar disponibles en la misma plataforma de juego (Sony *Playstation 3 – PS3*) y por ser del mismo género (i.e. *hack and slash* – basados en combates con armas cuerpo a cuerpo).

La evaluación se llevará cabo en tres sesiones, atendiendo a tres grandes aspectos a evaluar en un videojuego. La primera sesión plantea una Evaluación del Diseño, donde se estudiarán las características del diseño sin interacción, analizando por separado las diferentes componentes estéticas que dan forma característica a cada videojuego (es decir, las imágenes de los personajes principales, las melodías, los escenarios y la historia). La segunda fase es una Evaluación de la Interacción, donde se estudia la interacción directa del usuario con el videojuego, evaluando la integración en un entorno dinámico de las características analizadas previamente durante la fase de juego. Por último, se realizará una Evaluación de la Comunicación, en la cual se valora la efectividad de los elementos utilizados en la campaña promocional del videojuego.

A continuación se explican las tres sesiones propuestas detallando las modalidades, categorías y el número de muestras que intervendrán en cada una de ellas. La Figura 3 muestra el proceso completo de la evaluación propuesta.

5.1 Evaluación del Diseño

El objetivo de esta evaluación es analizar la respuesta emocional y cognitiva producida por aquellas categorías de un videojuego relacionadas con la experiencia de usuario en la fase de juego. Tras realizar la configuración inicial y la calibración en las modalidades de imagen, melodía y vídeo, se procederá a evaluar las siguientes categorías: 1. Personajes, 2. Contexto, Entorno y Ambiente; 3. Música y Efectos Sonoros; 4. Historia y Narrativa. Los estímulos de las muestras (seis por categoría) le serán presentados al sujeto en las modalidades calibradas: imágenes para las categorías 1 y 2, melodías para la categoría 3 y vídeos para la categoría 4. En la evaluación de la primera categoría, le serán presentadas al usuario imágenes de los protagonistas de los videojuegos objeto de estudio. La segunda categoría se centra en el entorno del videojuego, donde le serán presentados al usuario paisajes y lugares ambientados en los videojuegos. La categoría Música y Efectos Sonoros se centrará en reproducir su música y banda sonora. Por último, la categoría Historia y Narrativa presentará al sujeto la sinopsis o fragmentos de los videojuegos en forma de vídeo.

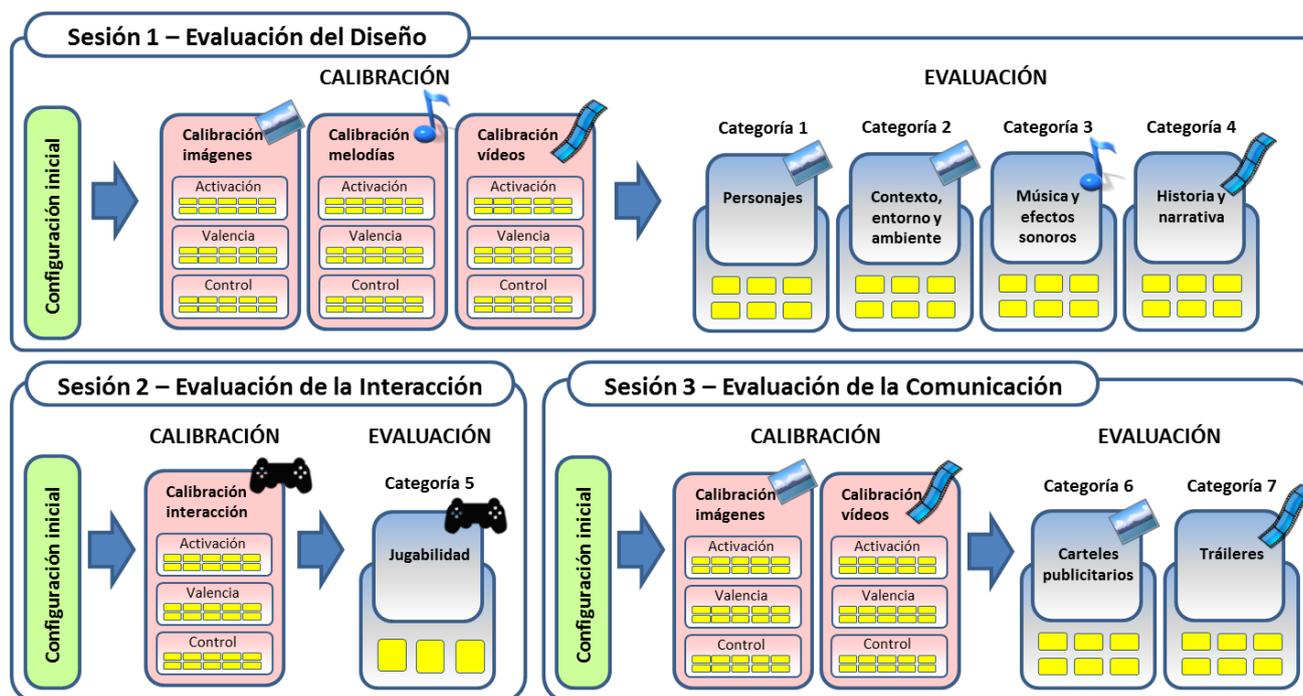


Figura 3. Esquema del proceso completo de la evaluación propuesta

5.2 Evaluación de la Interacción

El objetivo de esta fase es evaluar cómo las emociones se relacionan con la estrategia de juego ante los retos propuestos. Se analizará la dinámica de la respuesta emocional y cognitiva del sujeto durante su experiencia directa con el juego. El proceso será el siguiente: primero se realizará la configuración inicial. Dado que la única categoría a evaluar es la Jugabilidad, se calibrará en la modalidad Interacción. Una vez calibrado el sujeto, seguiremos con la evaluación.

La categoría a evaluar estará compuesta por 3 muestras. Cada una de ellas contiene un breve periodo de descanso, un estímulo en forma de una de las demos de videojuego y una parte de valoración en la que se pide al sujeto que evalúe la sección jugada. Durante la demo, el sujeto se enfrentará al videojuego, debiendo superarla con éxito (para ello, todas las demos se configuran en un nivel de dificultad adecuado de forma que puedan ser superadas en un tiempo razonable).

5.3 Evaluación de la Comunicación

El objetivo de la última sesión es evaluar la efectividad de los elementos utilizados en la campaña promocional. Para el experimento, el estudio se centra en las categorías de carteles publicitarios y tráileres de los diferentes videojuegos objeto de estudio. El proceso comenzará de manera habitual con la configuración inicial, seguida de la calibración en las modalidades de imágenes y vídeo. La evaluación de ambas categorías se desarrollará presentando al sujeto de evaluación 6 estímulos de imágenes en forma de carteles y pósters para la primera categoría, y 6 estímulos de vídeo que serán tráileres. Ambas categorías contendrán 3 estímulos diáfanos correspondientes a los tres videojuegos de interés y otros 3 estímulos ruido. En la parte de valoración de cada muestra, el sujeto de evaluación realizará un pequeño test post-juego para analizar las bondades a nivel de experiencia del juego y de relaciones con los elementos.

6. PRIMERAS PRUEBAS

Con objeto de detectar fallos en la metodología y, muy especialmente, de ver la viabilidad del montaje experimental propuesto se han realizado unas primeras pruebas con usuarios. Las pruebas se llevaron a cabo con tres sujetos no ajenos al proyecto, en una única jornada intensiva en un laboratorio de *BitBrain Technologies* (ver Figura 4). La realización de estas primeras pruebas fue muy satisfactoria, ya que se logró poner en marcha todo el set-up tecnológico con éxito y se comprobó el correcto funcionamiento de todo el software de sincronización y toma de datos de los sensores (ver Figura 5). Para no alargar las pruebas se calibró y evaluó sólo en una dimensión, la de activación. Se consiguieron realizar las partes más importantes (Evaluación del Diseño y Evaluación de la Interacción) obteniendo datos de los sensores para su posterior procesado. Además, los sujetos voluntarios proporcionaron un valioso *feedback* que engloba aspectos de protocolo, de jugabilidad, y de carácter ergonómico a través de los comentarios realizados durante la evaluación y de un informe que redactó cada uno de ellos sobre la experiencia.



Figura 4. Vista del Laboratorio de pruebas durante la evaluación de la jugabilidad de las demos.

En los dos siguientes sub-apartados se recogen los problemas encontrados y las mejoras propuestas para solventarlos. Finalmente, se incluye un apartado que trata sobre los primeros análisis de los datos obtenidos durante las primeras pruebas.

6.1 Problemas encontrados

En las notas tomadas por los miembros del equipo evaluador y los informes de los usuarios se detectaron los siguientes puntos problemáticos:

- [P1] **Duración de las sesiones.** Si bien es cierto que en una primera estimación se ajustaron tiempos, durante el experimento se encontró con que la duración era excesiva para el sujeto de evaluación.
- [P2] **Sensores invasivos.** El *EyeTracker* usado, pese a ser una fuente de información potencialmente interesante, es una tecnología invasiva en cuanto a rasgos faciales se refiere. Se hicieron varias pruebas diferentes pero debido a su colocación sobre la cara y los reflejos producidos, en ninguna de ellas se consiguió que el seguimiento facial fuese el adecuado para la detección de la respuesta emocional facial del usuario (ver Figura 6). Por otra parte, el sensor de saturación de oxígeno ubicado en el dedo índice impedía al usuario sujetar el controlador correctamente.
- [P3] **Dificultad de autoevaluación emocional.** Los sujetos mencionan en sus informes la dificultad de evaluar su propio estado emocional, sin haber recibido algún tipo de entrenamiento con las escalas SAM. Además, la autoevaluación a lo largo del experimento depende en gran medida de la primera autoevaluación inicial realizada, normalmente llevada a cabo de manera imprecisa.
- [P4] **Transición entre estímulos.** Los sujetos expresan que resulta difícil pasar de un estímulo de sonido al siguiente (i.e. volver al estado neutro y prepararse para el siguiente estímulo).
- [P5] **Incomodidad.** En ocasiones, los sujetos se sentían abrumados al estar equipados con tanta tecnología y observadores en la sala.
- [P6] **Volumen de Datos.** Hay que tener en cuenta el despliegue tecnológico que supone una evaluación completa y la cantidad de datos que se están tomando durante la misma. En un determinado momento, hubo que volcar datos entre dispositivos de almacenamiento externo para no saturar los discos duros locales con toda la información que estaban recibiendo.



Figura 5. Sujeto de evaluación con la tecnología equipada

6.2 Mejoras necesarias

En este apartado se recogen aquellas recomendaciones y mejoras relacionadas directamente con los problemas encontrados en las primeras pruebas y descritos en el punto anterior. Estas deberán ser tenidas en cuenta para llevar a cabo la futura evaluación completa con usuarios.

- [S1] Reducción del número de estímulos tanto en calibración como en evaluación de categorías.
- [S2] Supresión del sensor *EyeTracker* (ET) por entrar en conflicto con el reconocedor facial y del sensor de saturación de oxígeno (SpO2).
- [S3] Sustitución de la escala SAM de autoevaluación emocional por una escala visual-analógica (EVA). Dicha escala es análoga al SAM, con la particularidad de que solo contiene indicaciones en los extremos de ésta, resultando menos confusa y más sencilla de utilizar.
- [S4] Ampliación del tiempo de descanso de las muestras para dejar al sujeto volver a un estado neutro emocional. En el caso de estímulos más largos como las demos, puede mostrarse al sujeto material audiovisual relajante.
- [S5] Presencia de un único evaluador en la sala que haga el papel de facilitador, siguiendo un protocolo de actuación perfectamente detallado, que aporte al usuario información constante sobre el proceso y el montaje experimental.
- [S6] Revisión de la necesidad de recopilar toda la información visual de forma continua; estudio de la reducción de la frecuencia de captura de las cámaras de vídeo y aplicación de técnicas de compresión de datos a los vídeos capturados.



Figura 6. Problemas de reflejos generados por el uso del *EyeTracker*.

6.3 Análisis inicial de los datos

Los datos obtenidos de las pruebas están siendo analizados con objeto de adecuar tanto los algoritmos de clasificación emocional facial [9] y fisiológica, como de fusión de los resultados de cada modalidad [8].

Los primeros análisis tanto de los datos faciales (ver Figura 7) como de los fisiológicos están siendo satisfactorios. Se ha podido comprobar la captura satisfactoria por los diferentes sensores de los diversos estados emocionales inducidos en los usuarios dispuestos durante la evaluación. Otro de los aspectos que cabe destacar es la reafirmación de la importancia de la utilización de sensores complementarios (tanto fisiológicos como no fisiológicos), que suplan los fallos en la clasificación emocional de una modalidad. Así, los sensores fisiológicos son capaces de recoger/detectar información emocional incluso cuando el usuario no la está mostrando explícitamente mediante sus expresiones

faciales. Y los faciales pueden ayudar a discernir entre estados emocionales que den lugar a respuestas fisiológicas similares.



Figura 7. Primeros resultados del analizador facial. Usuario contento tras pasar uno de los niveles.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se ha presentado NeuroGame, un proyecto que recoge la experiencia de un equipo multidisciplinar especializado por un lado, en la evaluación hedónica de videojuegos y por otro, en la detección facial y fisiológica del estado emocional de los usuarios. El objetivo inicial del proyecto y en el que se ha centrado este artículo, es el desarrollo de una metodología para la medición y análisis de información asociada a la evaluación hedónica de videojuegos, abarcando no sólo la evaluación de la interacción, sino del diseño y comunicación del videojuego. Una vez realizada una primera prueba con tres usuarios, y comprobada la viabilidad del montaje experimental y de la metodología general propuestos, el siguiente paso será mejorar el protocolo existente para afrontar las futuras evaluaciones con usuarios. El objeto final del proyecto es contribuir al enriquecimiento de los métodos tradicionales de evaluación, haciéndolos presentes en las etapas más tempranas del desarrollo de videojuegos.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno Español a través del DGICYT contrato TIN2011-24660.

9. REFERENCIAS

- [1] Bradley, M.M. and Lang, P.J. 1994. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25, 49-59.
- [2] Brave, S. and Nass, C. 2002. Emotion in human-computer interaction. *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications (chap. 4)*, 81-96. J. Jacko & A. Sears (Eds.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [3] Costa, T., Rognoni, E. and Galati, D. 2006. EEG phase synchronization during emotional response to positive and negative film stimuli. *Neuroscience Letters* 406, 159-164.
- [4] Cuthbert B.N., Schupp H.T., Bradley M.M., Birbaumer N. and Langey P.J. 2000. Brain potentials in affective picture processing covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology* 52, 95-111.
- [5] Ekman, P., Dalglish, T. and Power, M. 1999. *Handbook of Cognition and Emotion*. Wiley Online Library.
- [6] González Sánchez, J.L., Gil Iranzo, R.M. and Gutiérrez Vela, F. L. 2011. Enrichiendo la Evaluación en Videojuegos. *Actas del XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Interacción 2011* (Lisboa, Portugal, 2-6 de Septiembre). Néstor Garay y Julio Abascal (Eds.), 273-282.
- [7] Gunes, H. and Pantic, M. 2010. Automatic, dimensional and continuous emotion recognition. *Int. Journal of Synthetic Emotions (IJSE)*, 1(1), 68-99.
- [8] Hupont, I., Ballano, S., Cerezo, E. and Baldassarri, S. 2011. Scalable multimodal fusion for continuous affect sensing. In *Proceedings of IEEE Workshop on Affective Computational Intelligence - WACI* (Paris, 11-15 April), 1-8.
- [9] Hupont, I., Cerezo, E. and Baldassarri, S. 2010. Sensing Facial Emotions in a Continuous 2D Affective Space. In *Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics – SMC 2010*, 2045-2051.
- [10] Kim, Y.O., Paik, J.K., Heo, J., Koschan, A., Abidi, B. and Abidi, M. 2003. Automatic face region tracking for highly accurate face recognition in unconstrained environments. In *Proceedings of IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS'03)*, 29-36.
- [11] Law, E.L-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. and Kort, J. 2009. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In *Proceedings of CHI 2009* (Boston, USA, April 04-09), 719-728.
- [12] Liu Y., Sourina, O. and Nguyen, M. K. 2010. Real-time EEG-based Human Emotion Recognition and Visualization. In *Proc. 2010 Int. Conf. On Cyberworlds*. (Singapore, 20-22 Oct), 262-269.
- [13] Maaoui, C. and Pruski, A. 2010. Emotion Recognition through Physiological Signals for Human-Machine Communication. *Cutting Edge Robotics (chap. 20)*, Vedran Kordic (Ed.) 317-332.
- [14] Mandryk, R., Inkpen, K. and Calvert, T.W. 2006. *Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies*. Behaviour & Information Technology, 25(2), 141 – 158.
- [15] Nasoz, F., Alvarez, K., Lisetti, C.L. and Finkelstein, N. 2003. Emotion recognition from physiological signals for presence technologies. *International Journal of Cognition, Technology and Work, Special Issue on Presence*, 6(1), 1-32.
- [16] Norman, D. 2002. *Emotion and Design: Attractive things work better*. Interactions Magazine, 9(4), 36-42.
- [17] Picard, R.W. 1997. *Affective Computing*. MIT Press
- [18] Ravaja, N., Salminen, M., Holopainen, J., Saari, T., Laarni, J. and Järvinen, A. 2004. Emotional response patterns and sense of presence during video games: potential criterion variables for game design. In *Proceedings of the third Nordic conference on Human-Computer Interaction* (Tampere, Finland), 339-347.
- [19] Russell, J.A. and Mehrabian, A. 1977. Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of Research in Personality* 11(3), 273-294.
- [20] Wagner, J., Kim J. and André, E. 2005. From physiological signals to emotions: implementing and comparing selected methods for feature extraction and classification. *Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. IEEE International Conference*, 940-943

Emotion Recognition in Texts for User Model Augmenting

Linda Barros, Pilar Rodríguez, Alvaro Ortigosa
Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid
Francisco Tomás y Valiente, 11
28049 Madrid, Spain
+34914972230

{linda.barros,pilar.rodriguez,alvaro.ortigosa}@uam.es

ABSTRACT

There are different application domains that would benefit from an approach able to automatically identify emotions in texts. In this paper we propose an approach able to improve existing systems with the ability of identifying levels of emotions in user texts. The improvement can arise either from the additional knowledge about the user interacting with the system (augmenting the user model), or from supporting the evaluation or selection of the text to be delivered by or through the system. The approach is validated through the analysis of well-known literary works, as well as semi-formal texts. Context of application, conclusions and future works are also discussed.

Categories and Subject Descriptors

I.2.7 [Artificial Intelligence]: Natural Language Processing – *language parsing and understanding, text analysis.*

General Terms

Measurement, Human Factors.

Keywords

Emotion recognition in text, sentiment analysis, user modeling.

1. MOTIVATION

One of goals of language is to convey emotions. We all know how different literary genre and specially poetry would stimulate different emotional states in the reader. However, not always texts convey the emotions we would expect or even recognize at a first glance. There are examples in the literature where different authors, writing on the same topic or literary genre can produce texts transmitting very different emotions. Even when writing in a formal context about a given topic, individuals can write documents expressing different emotions.

Besides, there exist application domains where written texts are sent back and forth between users, and where knowing the emotions conveyed by the text would be useful. For example, one of the functions of Help Desk Systems is to receive complains and problems of the users and to record and delivery the technicians' answer. In this context, it is very important that answers do not imply emotions able to disturb the communication, by inducing

fear or annoying the clients, for example.

Another application domain with similar requirements is the field of e-learning systems, where students and teachers interchange messages. In this case it is also important that those messages do not convey negative emotions, which would damage the communication or the learning process.

Furthermore, for both applications it is important that the technician, in the case of help desk systems, and the teacher in the case of e-learning systems, were able to correctly identify the emotions on the text they receive. In this way, they would be able to adapt the answer accordingly, if it were needed. For example, if a teacher perceives negative emotions in a question from a student, ideally the teacher would try to induce positive emotions through her answer, with the intention of changing a potential problematic state on the student.

In these domains, a tool for automatically identifying the emotions expressed in a given piece of text, creating to some extent a user model or augmenting an existing one, would support an improved behavior of the system.

We have developed a technique for identifying emotions in text [1]. Specifically, the approach is able to evaluate the level of joy, sadness, anger and fear conveyed by a given piece of text.

In order to validate those identification capabilities, we are going to show how our approach is able to identify emotions in literary works of very well know writers and poets. The goal is that the meaning of the emotions identified can be clearly understood and the intuition would help to recognize the implications of the results obtained.

In this way we show through different examples how the proposed approach is able to identify:

- Different emotional styles in texts even when the texts are classified in the same literary genre, namely children's stories.
- The general emotional tendency of writings of a given writer.
- The variations among texts of the same author.
- Variations of the emotions conveyed even by semi formal writing.

The paper is organized as follows: section 2 provides an overview of different approaches for identifying emotions. Section 3 shows through several examples how the approach is able to identify emotions in texts, while section 4 discusses the implications and how they can be used of augmenting user models.

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'12, Oct 3–5, 2012, Elche, Alicante, Spain.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00

2. IDENTIFYING EMOTIONS

Emotion or affective computing has always been of interest for researchers from different areas. Already in the late 80's, some works were carried out from a cognitive point of view (see [2], for instance) and open research issues were identified in the 90s [3]. In addition, issues pertaining to affective user modeling, the building of a sympathetic computer, models of relationship and the motivation behind the study of emotion on computers are discussed in [3].

Since then, a big effort has been paid to all the aspects related to emotion computing from different perspectives, been one of the main aspects those associated to emotion detection and measurement. Though essentially focused on the emotion measurement for intelligent tutoring purposes, a good description and classification of emotion measurement tools can be found in [4]. As explained there in detail, emotion measurement tools can be grouped into three wide areas: Psychological, Physiological and Behavioural. Psychological tools employ verbal and non-verbal self-reporting of emotions. Next, physiological tools make use of sensors in order to measure persons' physiological reactions. Finally, motor-behavioural tools measure behavioural expressions and changes in physical body that communicate one's emotion experience.

In general, that last group of behavioural tools aims at being less invasive than the other ones and, often, subjects need not to be aware of their emotion evaluation when it is taking place. Apart from other techniques, speech, gesture and text based emotion recognition techniques belong to this group, and will be briefly reviewed next.

In the group of less invasive emotion measurement tools, automatic recognition of emotion from speech is one of the most popular ones. Research in this field started more than a decade ago, following previous achievements in speech and speaker recognition, and based on them. A good review on this area can be found in [5]. The existence of commercial tools able to recognize emotions from speech reflects the maturity of that kind of technology. One of those tools is ExSense [6]. ExSense is defined as a "Vocal Emotion Analyzer" and centers on detecting voice stress by making use of 129 speech parameters. Authors state that the system is able to detect whether the speaker is lying, confused, concentrated or even in love.

Other interesting research field regarding emotion recognition is that one based on facial or gestural interpretation. At present, many works can be found in that area following different approaches. For instance, [7] presents a fuzzy analyzer of emotional expression in music performance and body motion. Its aim is to detect happiness, sadness and anger in the context of music and corporal expression. Another interesting system is presented in [8]. In that work, authors attempt to detect the basic emotions by means of an automatic facial emotion recognizing procedure. With respect to the emotions they center on, their starting point is the cross-cultural research performed by Paul Ekman and presented in [9]. There, Ekman states that there is strong evidence for universals in some facial expressions, though there are other emotional expressions that can be culturally variable. The universal emotional expressions identified in [9] are: happiness, sadness, anger, fear, disgust and surprise. As observed, and in spite of the fact that there is not a commonly agreed classification regarding basic emotions, the one proposed in [9], or a subset of it, is widely used. In that sense, one of the

results of [8] is that maybe that the disgust and surprise emotions belong to a different category, being somehow associated to anger and fear, respectively. Then, the remaining four ones could be identified like the basic ones.

That idea is also supported in [10], where four basic emotions are identified: joy, anger, fear and sadness. Authors state that those four basic emotions are directly related to the so named "fundamental challenges" such as danger (leading to fear), separation from positive conditions, including inadequate self-efficiency (leading to sadness), frustration of expectancies and registration of inhibitions (leading to anger) or self-efficiency and social acceptance (producing joy).

Though the six basic emotions classification was initially proposed for the identification of facial emotion expressions, it, as well as the restricted four emotions one, have been also used in the third group of less invasive emotion recognition techniques we are reviewing, those based on emotion recognition in texts. Emotion recognition in texts is aimed at detecting which emotions can be found in any kind of texts, not limited to self reports on the subject own feelings. An interesting work in this area is [11], which centers, specifically, in analyzing individual short texts, making use of the six dimensions classification proposed in [9]. In [11] authors present several experiments concerned with the emotion analysis of news headlines, and proposes and evaluates some methods to identify emotions in that kind of short texts. In some of the experiences presented, authors make use of WordNet Affect [12], which is an extension of WordNet Domains [13], including a subset of synsets suitable to represent affective concepts correlated with affective words.

Similarly, and based on an emotion dictionary, [14] is able to provide the emotion evolution of chats along a period of time. In this case, the system gathers the four basic emotions as described in [10]. Those four basic emotions are also used in [1] for emotion recognition in texts for detecting student motivation in learning scenarios.

There exist also some systems that combine different techniques for emotion recognition, concluding that the combined analysis of more than one emotion recognition procedure improves the accuracy of the final results. That is the case of the work presented in [15], where both emotions in speech and text are gathered. In that case, the abovementioned six basic emotions are used. Also combining different techniques, it is worth mentioning the affective agent tutor named "Alice" [16]. "Alice" is part of an e-learning system, where it plays the role of an intelligent tutor. In order to evaluate the affective state of the students, the system analyses facial expression, speech and text. With respect to the text analysis, [16] uses the word spotting technique to estimate emotion of the communications, based on an affective database that is part of the system. A word spotting technique is also used in [1].

[17] and [18] also make use of a combination of several techniques in order to improve the accuracy of the emotion recognition. The affect detector described in [17] combines conversational cues, gross body language, and facial features, while the approach followed in [18] combines explicit information on both causes of emotional reaction (expressed in terms of cognitive appraisal theory) and effects of such reactions (detected via philological sensors).

As well as in those two last systems, and beyond the techniques used, the final goal of most of the systems mentioned above is to create an emotional, or affective, user model; or to complement, augmenting, previously existing ones. That is also the main goal of the work presented in [19], where a probabilistic model of user affect is designed to allow an intelligent agent to recognize multiple user emotions during the interaction with an educational computer game.

In next sections we show through different examples how the proposed approach is able to identify, making use of the word-spotting technique already used in [1]. Specifically, we examine different emotional styles in the same and different literary genres and the emotional tendency of some writers. Additionally, differences between literary and semi formal texts (emails) are analyzed.

3. IDENTIFYING AUTHORS' EMOTION PROFILES AND WRITING DIFFERENCES

In this section, three different studies are presented. All of them are based on the detection of the four basic emotions described in [10]: joy, sadness, anger and fear, and makes use of the emotion recognition techniques used in [1]:

- The first study shows how the approach is able to identify emotional difference on texts within the same application domain.
- The second study focuses on the works of two well-known writers: Gustavo Adolfo Bécquer (1836 - 1870) and Mario Benedetti (1920 - 2009). Both of them wrote in Spanish, though having been born in Spain and Uruguay, respectively. In addition, they had in common the fact of having written different literary genres, namely, prose and poetry.
- In the third study, the same techniques and methods are applied to a more modern and semi-formal type of writings; we have collected a group of e-mails sent between two colleagues (teachers) and another group of e-mails exchanged between a teacher, and her students.

3.1 Emotions in children's stories

The first study involves five different writers within the same literary genre. The children's stories of C. Perrault, C. Andersen, J. and W. Grimm, G.A. Becquer and E. Pardo Bazán were analyzed. For each of them between 10 and 157 stories were analyzed. In the results (emotion means) we can notice a clear division of styles into two different clusters: one with a prevalence of Joy (Perrault, Andersen and Grimm), the second with a tendency to Fear (Becquer and Pardo Bazán).

The important result here is that the approach is able to identify emotional styles even within a given domain i.e. each writer stamps its emotional seal, in its writings regardless of the literary genre. Moreover, the emotion levels that were gathered match the expected output for each group of writers.

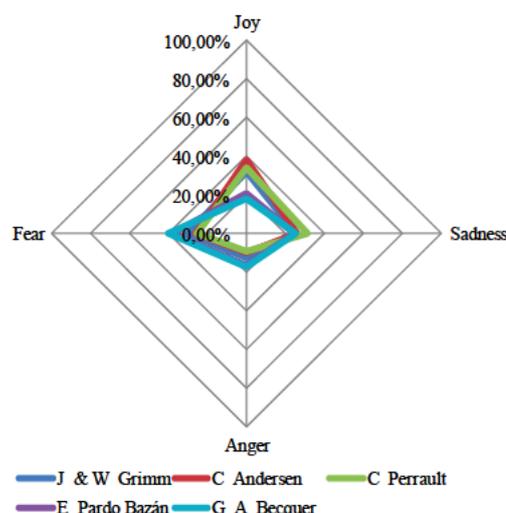
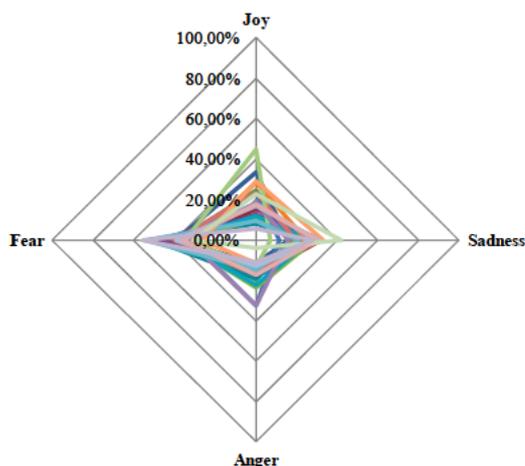


Figure 1. Children's stories.

3.2 G. A. Bécquer and M. Benedetti analysis

In this experience, we analyzed the works of Becquer & Benedetti from two different points of view. Firstly, we collected and analyzed their writings corresponding to the same genre: 22 stories written by Bécquer with an average of 4018 words each, and 20 stories written by Benedetti with an average of 1963 words each. Secondly, we collected and analyzed their writings regarding poems. In the case of Bécquer, we analyzed 15 rhymes (average of 222 words per rhyme) and, in the case of Benedetti, we analyzed 20 poems (average of 195 per poem). The results obtained as a result of the emotion analysis pursuit are presented in figures 2, 3, 4 and 5. Those figures show the emotional levels that each writer transmits all the way through their works, closely related to their personal emotion profiles.



In Figure 2 we can see the results of the analysis of the 22 stories of Bécquer, normalized to the total emotion weight of his prose writings. There, we can clearly distinguish that there is not a clear tendency to joy in any of them, and that none of them is characterized by a high level of joy emotion. Anyway, there exist some exceptions, and some specific stories have an emotional change markedly distinguishable from other stories.

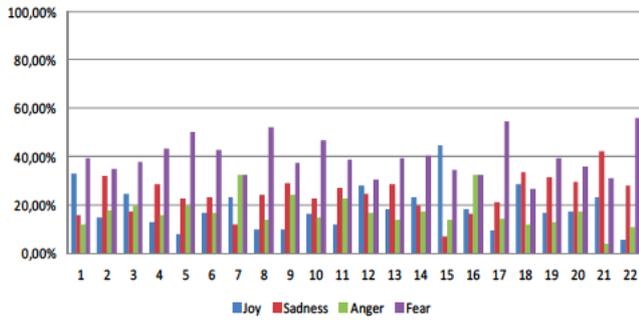


Figure 2. G. A. Bécquer stories.

In contrast, in the 15 analyzed rhymes, Bécquer shows a much most remarkable emotional tendency, as observed in Figure 3. In fact, in that figure we can identify some rhymes that only reflect one single emotion and, also, rhymes in which the sadness is the only emotion detected.

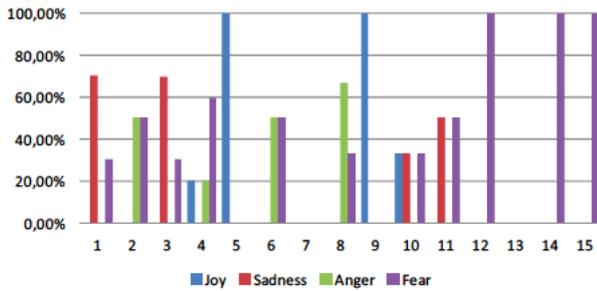
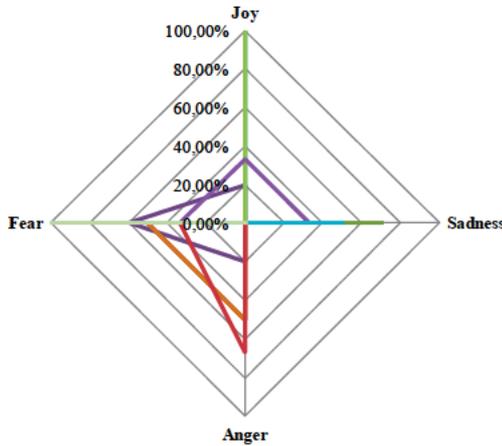


Figure 3. G. A. Bécquer rhymes.

Benedetti's case is not different at all. In his 20 emotionally analyzed stories, see Figure 4, his emotional profile homogeneity can be devised: some of his stories have a strong tendency towards fear, very few tend to have sadness and a story that is clearly unique and special fires his emotions to joy. Anger is the most stable emotion in that Benedetti's chart.

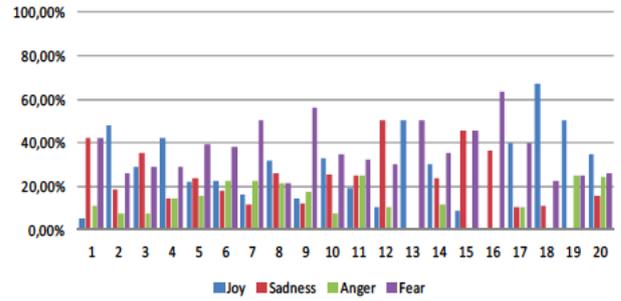


Figure 4. Mario Benedetti stories.

As well as in Benedetti's stories, his poems (see Figure 5) reflect a certain kind of homogeneity, except for some poems that possess an exceptional emotional strength (focusing their feelings towards anger or fear emotions) and that are very different from the rest analyzed ones.

From this second analysis it is also observable that the approach is able to identify and quantify emotions from shorts and medium-sized texts, even if they belong to the same literary genre (short tales in this case). Figures 2 and 4 (showing data from Bécquer's and Benedetti's tales respectively) show each author imposed their emotional stamp over the literary characteristics. Comparing the emotional levels of their works it becomes apparent that Bécquer is more regular in the emotions he expresses through his tales:

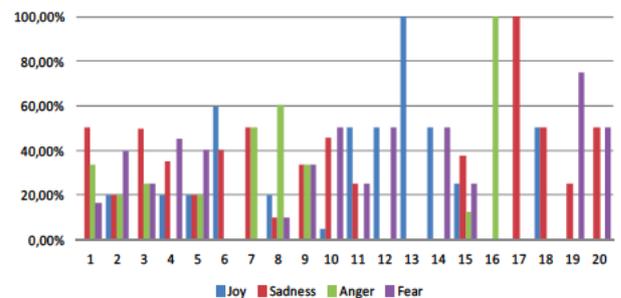
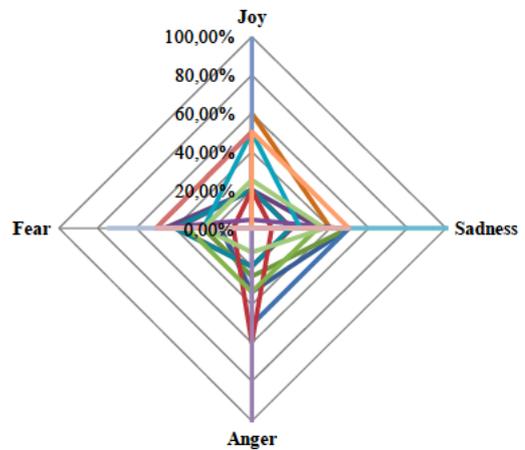


Figure 5. Mario Benedetti Poems.

- In more than 86% of Bécquer's tales Fear is the emotion with highest level.
- In more than 68% of Bécquer's tales Sadness is one of the two emotions with the highest level.
- In Benedetti's works, highest level of emotion is distributed among Fear (50%), Joy (35%) and Sadness (15%)

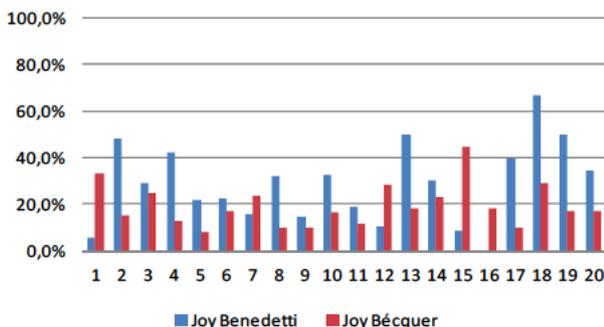


Figure 6. Benedetti and Bécquer stories

3.3 E-mail analysis

In the previous section we have shown the analysis done by two professional writers. Now, the purpose of this section is to display some completely different data analysis: here we analyze contemporary information written in an informal way.

For this informal text analysis we have divided information gathered into two groups, the first group consisted in the collection of 20 e-mails written between two professional colleagues, both faculty members. A total of 2263 words were analyzed in this case. The second group collects 20 e-mails written between a teacher and her students. 4433 words are analyzed in this case.

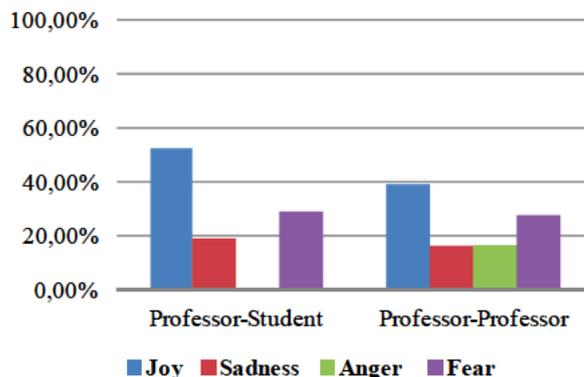
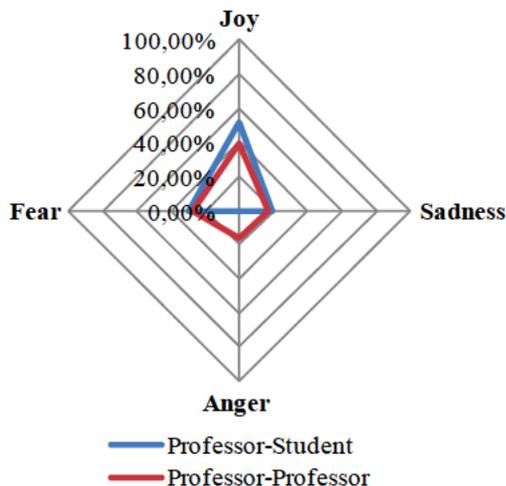


Figure 7. E-mailing emotions analysis

In this experience, as can be observed in Figure 7, in the Professor-Student email conversations, joy reaches the highest rates. However, it can also be observed that the emails written between co-workers are more serious and with a greater anger content than emails written between students and their professor. In addition, sadness and fear emotions are practically in stable positions in both situations, which might indicate that those emotions remain stable during the conversations being joy and anger the emotions that make a real difference in both written conversations.

4. CONCLUSION AND FUTURE WORK

In this work, we have described some experiences regarding basic emotion recognition in texts. The emotions gathered were joy, anger, sadness and fear, as suggested in [10]. Firstly, we have presented the emotion analysis performed on some children's stories from five different authors. Secondly, we have presented the writings of two well known important writers from different periods: Gustavo Adolfo Bécquer (1836 - 1870) and Mario Benedetti (1920 - 2009). Both of them wrote in Spanish, though having been born in Spain and Uruguay, respectively. In addition, they had in common the fact of having written different literary genres, namely prose and poetry.

A sample of their prose and poetry writings, around 20 writings in each category, has been analyzed from an emotional point of view, allowing us to conclude that it is possible to identify a general emotional profile for both of them. However, when looking at specific writings, it is also possible to detect differences among them. That last fact let us conclude that single documents, single writings, can be tagged from an emotional point of view. The former conclusions are also supported by the experiences performed on mail texts and presented above.

From all the former, the possibility of using that kind of emotion recognition in texts is proposed as a useful tool in order to augment user models in different context, like for example e-learning and help desk systems. One possible functionality is to build the emotional profile of a given user, that is, the emotional pattern common to most of her texts. Once the emotional profile is built, the system could monitorize every new work she writes, and raise an alert when a text has an emotional signature too far from her usual pattern.

Many research lines are still open in this field. At present, we are already analyzing the literary production of some other authors, in order to increase the data we have available regarding emotional

profile identification. To the date, all the results obtained are quite promising in that sense. In parallel, improving the word spotting mechanism used is an ongoing task for us. In that sense, we are also working on the implementation of the emotion recognition tools in other languages apart from Spanish. English, Italian and Chinese are our next target languages.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been funded by the Spanish Ministry of Education, project ASIES (TIN2010-17344), and the Comunidad Autónoma de Madrid, project e-Madrid (S2009/TIC-1650).

6. REFERENCES

- [1] Rodríguez, P., Ortigosa, A. and Carro, R.M. 2012. Extracting Emotions from Texts in E-learning Environments. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Adaptive Learning via Interactive, Collaborative and Emotional approaches, associated to the 6th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (Palermo, Italy, July 04 – 06, 2012). ALICE-2012 at CISIS-2012. Forthcoming.
- [2] Ortony, A., Clore, G.L. and Collins, A. 1988. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press.
- [3] Elliott, C. 1994. Research problems in the use of a shallow Artificial Intelligence model of personality and emotion. In *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence*. AAAI Press, 9-15.
- [4] Feidakis, M., Daradoumis, T. and S. Caballé. Emotion Measurement in Intelligent Tutoring Systems: What, When and How to Measure. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems* (Fukuoka, Japan, November 30 – December 02, 2011) INCoS 2011. IEEE. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/INCoS.2011.82>
- [5] Schuller, B., Batliner, A., Steidl, S. and Seppi, D. 2011. Recognising realistic emotions and affect in speech: state of the art and lessons learnt from the first challenge. *Speech Commun* (2011). DOI= 10.1016/j.specom.2011.01.011
- [6] Ex-Sense (2007). Ex-Sense Business Version. Retrieved April 30, 2012, from <http://www.ex-sense.com/proversion.html>
- [7] Friberg, A. 2004. A fuzzy analyzer of emotional expression in music performance and body motion. In *Proceedings of Music and Music Science* (Stockholm, Sweden, October 28 – 30, 2004), 1-13.
- [8] Azcarate, A., Hageloh, F., Van De Sande, K. and Valenti, R. 2005. *Automatic facial emotion recognition*. University of Amsterdam.
- [9] Ekman, P. 1994. Strong evidence for universals in facial expressions: a reply to Russell's mistaken critique. *Psychol. Bull.* 115, 2, 268–287. DOI= <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.115.2.268>
- [10] Zinck, A. and Newen, A. 2008. Classifying emotion: a developmental account. *Synthese*, 161, 1 (Jan. 2008) 1 – 25. DOI: 10.1007/s11229-006-9149-2
- [11] Strappavana, C. and Mihalcea, R. 2008. Learning to identify emotions in text. In *Proceedings of the 23th ACM Symposium on Applied Computing*. SAC'08. ACM Press, 1556-1560. DOI= 10.1145/1363686.1364052.
- [12] Strapparava, C. and Valitutti, A. 2004. WordNet-Affect: an affective extension of WordNet. In *Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation* (May 2004), 1083-1086.
- [13] WordNet Domanins (2009) . Version Retrieved April 30, 2012 from <http://wndomains.fbk.eu/index.html>
- [14] Bueno, C., Rojo, J.A. and Rodríguez, P. 2011. An Experiment on Semantic Emotional Evaluation of Chats. In Proceedings of The Fifth International Conference on Advances in Semantic Processing (Lisbon, Portugal, November 2011). SEMAPRO 2011, 116-121.
- [15] Chuang, Z. and Wu, Ch. 2004. Multi-Modal Emotion Recognition from Speech and Text. *Computational Linguistics and Chinese Language Processing*. 9, 2 (August 2004), 45-62.
- [16] Mao, X. and Li, Z. 2009. Implementing Emotion-Based User-Aware E-Learning. *Science*. ACM Press, 3787-3792. DOI= 10.1145/1520340.1520572
- [17] D'Mello, S. and Graesser, A. 2010. Multimodal semi-automated affect detection from conversational cues, gross body language, and facial features. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 20, 2, 147-187. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s11257-010-9074-4>
- [18] Conati, C. 2011. Combining Cognitive Appraisal and Sensors for Affect Detection in a Framework for Modeling User Affect. In *New Perspectives on Affect and Learning Technologies*, R.A. Calvo and S.K. D'Mello, Ed. Springer Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies Series. Springer, New York, 71-84. DOI= http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9625-1_6
- [19] Conati, C. and Maclaren, H. 2009. Empirically building and evaluating a probabilistic model of user affect. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 19, 3, 267-303. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s11257-009-9062-8>

The Digital Humanities Workbench

Alejandro Bía
Universidad Miguel Hernández
Centro de Investigación Operativa
Av. Universidad s/n, Elche, Spain
abia@umh.es

ABSTRACT

The aim of this project is to provide a wide collection of useful text processing tools as online services. This includes tools related to XML documents, DTDs, Schemas, XSLT processing, HTML, etc.

Most of these tools are already available, but to be useful, they have to be downloaded and properly installed on the user's machine. The idea of having them adapted and installed as form-based web services, allows for anyone to use them from anywhere, at any time, without the need of installation. This is particularly useful for teaching Digital Humanities (DH) hands-on courses, where one of the main problems is to get all the necessary tools installed before the course takes place.

This set of online services will also suffice for emerging or small digitization projects, and as a display and workbench for DH scholars looking for tools.

Categories and Subject Descriptors

I.7.2 [Document and Text Processing]: Document Preparation—*markup languages*; D.2.6 [Software Engineering]: Programming Environments—*interactive environments, programmer workbench*

General Terms

Design

Keywords

digital humanities, hypertext processing, HTML, XML, XSLT, DTD, Schema

1. INTRODUCTION

Most of the tools used in this project already exist (some are of our own breed), but not all of them are currently available, neither as online services, nor for download.

The tools that are available for download are not generally available as web services, so they need to be installed

according to different requirements and be configured properly. For examples of some of these tools see [5, 8, 6, 4].

The ones available as web services are scattered in cyberspace, and sometimes are found to be off-line (e.g. there was an XSLT online parser that we used for XSLT practical training, which went off-line every now and then, to finally disappear permanently from the Web).

The combination of some of the tools may lead to new or enhanced functionalities. For instance, a tool only meant for some type of schema language can be enhanced to accept another schema language (e.g. DTDs), if we add a filter that performs the necessary conversions.

Furthermore, some intelligent piping of the tools can be arranged to follow certain processing workflows required for digital libraries or DH document processing.

2. THE PROBLEM

The idea for this project emerged, while teaching XML and XSLT hands-on workshops abroad. One of the usual problems was to have the necessary tools properly installed in a computer lab before the course started. Most of the times, the instructions for preparing the tools were sent by email, resulting in incomplete or faulty set-ups. We asked ourselves: ¿why not use the ubiquity of the web, and have the tools installed on a server, properly tested in advance and available from everywhere?

This would require some re-engineering of the tools to be adapted for client-server operation. We realized we could do this with tools that performed in an extended “filter” fashion, i.e. batch processes invoked from the prompt line, having one or more input files, one or more output files, and being controlled by parameter passing. Fortunately, there are many good-old tools of this type, that can be given a new life by providing them with a web interface. Some of this tools would be executable files (e.g. Windows/MS-DOS .EXE files), Java programs, and several types of scripts or batch files (.BAT, Perl, shell scripts, etc.). Furthermore, the combination of some of these tools would provide new enhanced functionality.

3. DESCRIPTION OF THE SOLUTION

Following the Software as a Service delivery model (SaaS), the purpose was to set up a web-server able to run different types of tools, and to develop a user friendly front end to allow beginners to operate the tools through a web browser (thin client) without the need for installation and configuration of several separate computer programs.

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.

Interacción '12, Oct 35, 2012, Elche, Alicante, Spain
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10 ...\$15.00.

In this sense, the DH-Workbench would serve as a teaching aid for beginners, and as an entry level solution for emerging DH projects, allowing for savings in software and installation costs.

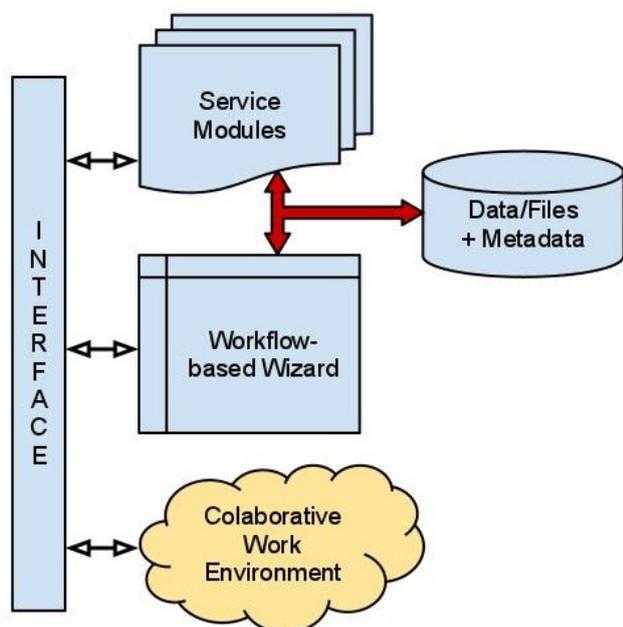


Figure 1: Architectural diagram (server-side)

3.1 Implementation

The DHW server is based on the popular and reliable XAMPP platform (Apache HTTP Server, MySQL, PHP, Perl), plus the Java Runtime Environment (JRE) and eventually any other runtime processor required by the tools to run. The following is a non-exhaustive list of the services and tools included in the DH Workbench:

- **dtd2xs**¹: Dtd2Xs allows conversion of complex, modularized XML DTDs and DTDs with namespaces to W3C XML Schemas.
- **DTDinst**²: Converts DTDs to XML-DTD, i.e. DTD structure represented in XML format. Useful for XML processing of DTDs.
- **DTDexplorer**³: DTD explorer is a java 1.1 applet and application that loads a DTD and displays the parent/child relationship, allowing you to quickly understand the possibilities of the grammar of a DTD.
- **DTDprune**: A DTD simplification tool [1].
- **DTD/Schema comparison**: This service allows the user to compare two different DTDs or Schemas.
- **JavaScript validator**: Works as JavaScript on the client side (Windows only)

¹See: <http://www.syntext.com/products/dtd2xs/>

²See: <http://www.thaiopensource.com/relaxng/dtdinst/>

³See: <http://www.activemath.org/paul/DTDexplorer/>

- **Mind Maps from XML document instances**: Adaptation of Freemind MindMaps to view and analyze the structure of an XML document instance as a diagram [3].
- **Mind Maps for DTDs and Schemas**: Adaptation of Freemind MindMaps to view and analyse XML DTDs and Schemas as a diagram [3].
- **Multilingual Markup Translator** (previously called “Multilingual Markup Website”) [2].
- **rxp**⁴: RXP is a validating XML parser written in C.
- **Tidy**⁵: HTML Tidy is a computer program and a library the purpose of which is to fix invalid HTML and to improve the layout and indent style of the resulting markup. It was developed by Dave Raggett of W3C, then passed on to become a Sourceforge project.
- **Trang**⁶: Receives DTDs, Relax-NG and Relax-NC Schemas, and XML document instances as input, to produce DTDs, XML Schemas (XSD), and Relax-NG and NC Schemas. Trang can also infer a schema from one or more example XML documents.
- **xmllint**⁷: The xmllint program parses one or more XML files, specified on the command line as xmlfile. It prints various types of output, depending upon the options selected. It is useful for detecting errors in XML documents.
- **XSLTdoc**⁸: The XSLTDoc Application helps you to browse and understand XSLT stylesheets. It shows summaries of stylesheets and explains each XSLT instruction in detail.
- **XSLT ready-made transformations**: Several standard ready-made transformations (e.g. tei2html).
- **XSLT online transformations**: This is an online service providing transformations of XML document instances by user-provided XSLT scripts, using one of several parsers offered: cxsxslt, MSXSL, Saxon (versions 6, 7 and 8), Xalan, Xerces, xml4j, xsltproc and XT
- **XSV**⁹: XSV (XML Schema Validator) is an open source (GPLed) work-in-progress attempt at a conformant schema-aware processor.

3.2 Additional Features

- **Multilingual support**: This project was created with multilingualism in mind. At the present moment, all the website and services have a bilingual interface (English-Spanish). The documentation pages for each tool are also being translated (usually from English to Spanish). Other languages may be added at a later stage.

⁴See: <http://www.cogsci.ed.ac.uk/richard/rxp.html>

⁵See: <http://tidy.sourceforge.net/>

⁶See: <http://www.thaiopensource.com/relaxng/trang.html>

⁷See: <http://xmlsoft.org/xmllint.html>

⁸See: <http://www.jenitennison.com/xslt/utilities/>

⁹See: <http://www.ltg.ed.ac.uk/ht/xsv-status.html>

One of the tools offered is the once called “Multilingual Markup Website” [2], a markup translation service for Schemas, DTDs, and document instances, which complements the multilingual services of Roma (Roma provides Schemas and DTDs in several languages, but does not provide tools to translate the markup of legacy XML collections).

- **Downloads:** Another feature offered is software downloads of some of the tools available online (depending on copyright and functional issues), as well as download of other tools which cannot be provided as online services.
- **Documentation:** Manuals, guides of good practice, help information, FAQs, tutorials, examples and papers about the tools are meant to be provided as well.

3.3 Financial and institutional support

We agree with Schreibman and Hanlon that “tool development is indeed considered a scholarly activity by developers, but recognition of this work and rewards for it lag behind rewards for traditional scholarly pursuits (such as journal articles and book publication) [7].”

A project like this requires support to be launched, but more importantly to be maintained. There are several issues to be taken into account: performance implications of launching these services (bandwidth, processing power, storage), launching and maintenance costs, and third party dependence on service availability.

After several years and various attempts, we finally got a grant from the Miguel Hernández University to support the project.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The groundwork for this project has already begun, with a demo website showing a few of the tools already implemented as online services: <http://equis.umh.es/dhw/>

The project is scheduled to be completed by the end of 2012, but since it is being developed in an incremental way, a good number of services will be available by the time of the conference.

In the first stage, the tools will be accessed openly on the Web by individual anonymous users (no registration required).

In a second stage, collaboration facilities will be added, allowing groups of users to register, and work within collaborative environments where they can store files permanently to resume work in future sessions.

Later on, the project will include the implementation of some production workflows to process whole collections of documents and the associated metadata using several tools and following customizable pipelines.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This project was supported by a grant from the Miguel Hernández University: call for Supplemental Grants for Research Projects and Organization of Workshops in the Humanities and Social Sciences (2011).

6. REFERENCES

- [1] A. Bia and R. C. Carrasco. Automatic DTD simplification by examples. In *ACH/ALLC 2001. The*

Association for Computers and the Humanities, The Association for Literary and Linguistic Computing, The 2001 Joint International Conference, pages 7–9, New York University, New York City, 13-17 June 2001.

- [2] A. Bia, J. Malonda, and J. Gómez. The Multilingual Markup Website. In C. Sun, S. Menasri, and J. Ventura, editors, *Digital Humanities 2006: The First ADHO International Conference*, pages 26–31, Université Paris-Sorbonne: Centre de Recherche Cultures Anglophones et Technologies de l’Information, 5-9 July 2006.
- [3] A. Bia, R. Muñoz, and J. Gómez. Using Mind Maps to Model Semistructured Documents. *Lecture Notes in Computer Science*, 6273:421–424, 6-10 Sept. 2010.
- [4] centerNet. Scholarly Tools for Digital Humanities. <http://digitalhumanities.org/centernet/resources/tools/>.
- [5] R. Cover. Software and Markup Languages. <http://xml.coverpages.org/software.html>.
- [6] L. M. Garshol. Free XML tools and software. <http://www.garshol.priv.no/download/xmltools/>.
- [7] S. Schreibman and A. M. Hanlon. Determining Value for Digital Humanities Tools: Report on a Survey of Tool Developers. *Digital Humanities Quarterly*, 4(2), 2010.
- [8] TEI. TEI Tools. <http://www.tei-c.org/Tools/>.

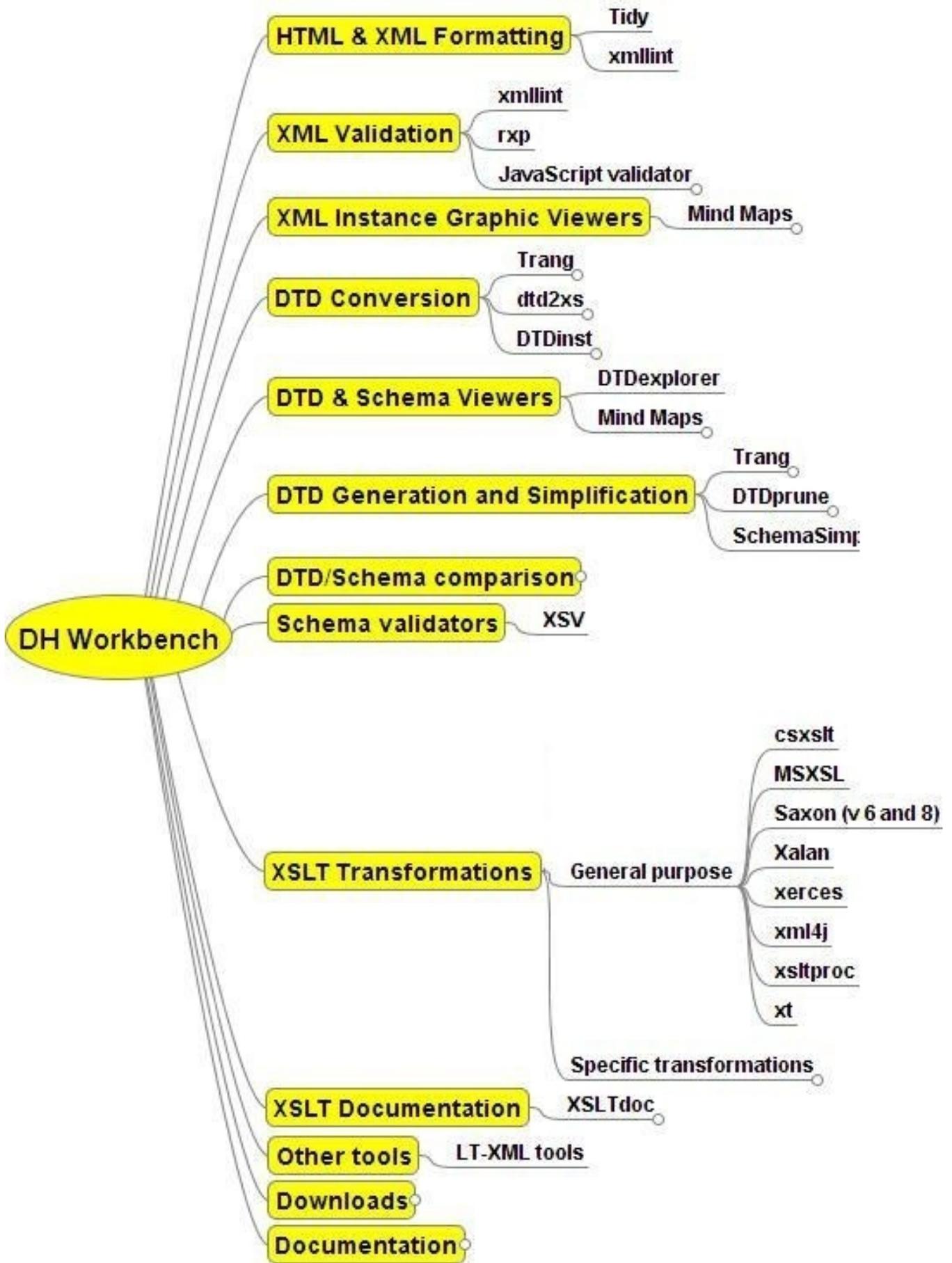


Figure 2: Schematic diagram of services to be provided by the DH Workbench web-server

Propuesta de un Modelo de Eventos Distribuido para el Desarrollo de Sistemas de Búsqueda Colaborativa

Juan M. Fernández-Luna
Departamento de Ciencias de
la Computación e Inteligencia
Artificial. ETSI Informática y
de Telecomunicación.
CITIC-UGR
Universidad de Granada
Granada, España 18071
jmfluna@decsai.ugr.es

Juan F. Huete
Departamento de Ciencias de
la Computación e Inteligencia
Artificial. ETSI Informática y
de Telecomunicación.
CITIC-UGR
Universidad de Granada
Granada, España 18071
jhg@decsai.ugr.es

Humberto
Rodríguez-Ávila
Departamento de Informática.
Facultad de Informática y
Matemática.
GISIDI-UHO
Universidad de Holguín
Holguín, Cuba 80100
hrodriguez@facinf.uho.edu.cu

Julio C. Rodríguez-Cano
Centro de Desarrollo
Territorial Holguín.
Universidad de las Ciencias
Informáticas
Holguín, Cuba 80100
jrcano@uci.cu

ABSTRACT

La Recuperación de Información Colaborativa es un campo emergente de investigación que utiliza los avances computacionales del hardware y las tecnologías Web, para permitir una búsqueda colaborativa entre dos o más usuarios con necesidades compartidas de información. Sin embargo, los sistemas desarrollados en su gran mayoría no consideran los recursos de sus usuarios durante la búsqueda. En este trabajo se describe la propuesta de un modelo de eventos distribuidos para el desarrollo de sistemas de Recuperación de Información Colaborativos Síncronos en entornos Peer-to-Peer. Se presentan además un caso de estudio donde se instancia el modelo propuesto.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Interfaces and presentation (e.g., HCI)]: Group and Organization Interfaces; H.3.3 [Information Storage and Retrieval]: Search Process.

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Recuperación de Información, Recuperación de Información Colaborativa Síncrona, Redes Peer-to-Peer.

1. INTRODUCTION

Los avances tecnológicos alcanzados en los últimos años y la popularidad alcanzada por la Web social, han permitido el desarrollo de sistemas que facilitan la colaboración entre usuarios en diferentes contextos. La búsqueda constituye uno de los procesos que ha sido beneficiado por tales avances, al permitir que dos o más usuarios realicen búsquedas de manera conjunta al mismo tiempo, con el propósito de satisfacer sus necesidades compartidas de información. Sin embargo, los actuales sistemas de Recuperación de Información (RI) tradicionales (Google, Bing) consideran la búsqueda como una actividad individual. La creciente necesidad de colaboración entre personas con intereses comunes, propició el surgimiento del campo Recuperación de Información Colaborativa (RIC) y con este los sistemas de Recuperación de Información Colaborativos Síncronos (RICS). Los sistemas RICS intentan facilitar la colaboración explícita entre un grupo de usuarios con necesidades compartidas de información, los cuales pueden encontrarse colaborando de una forma remota ó co-localizada.

El desarrollo de varios sistemas RICS durante la última década (por ejemplo SearchTogether [7], COSME [4]), ha reflejado un nivel superior de implementación de las técnicas de División del Trabajo y Transferencia de Conocimientos, las cuales constituyen dos técnicas fundamentales para los sistemas RICS [5]. Sin embargo, estos sistemas todavía requieren de un cierto grado de coordinación usuario-usuario para lograr una búsqueda más efectiva.

Recientes investigaciones [5] han propuesto nuevas técnicas para contribuir a mejorar la eficiencia en el proceso de búsqueda colaborativa síncrona. Sin embargo, estas propuestas consideran que los sistemas RICS realizan sus búsquedas sobre colecciones de datos centralizadas o distribuidas, sin tener en consideración las colecciones que almacenan los

usuarios en sus ordenadores personales. Mientras, estudios realizados [4] evidencian que los usuarios son propensos a guardar información relevante que han satisfecho sus necesidades de información en un momento determinado.

Los sistemas basados en una arquitectura peer-to-peer (P2P), han surgido como alternativa ante las limitantes de escalabilidad, capacidad de almacenamiento y procesamiento de los sistemas RI existentes. El término P2P se refiere a una clase de redes y aplicaciones que emplean recursos distribuidos, para desarrollar distintas funciones de una manera descentralizada. Consideramos que el desarrollo de sistemas RICS-P2P podrían tomar ventajas de los beneficios de las redes P2P para introducir técnicas CIR en este contexto, y proveer una eficiente coordinación usuario-usuario mediante la implementación de técnicas colaborativas tales como División del trabajo y Transferencia del Conocimiento.

En este trabajo se propone un modelo de eventos distribuidos para el desarrollo de Sistemas de Recuperación de Información Colaborativos Síncronos, que empleen una arquitectura P2P híbrida, basadas en súper nodos. El presente artículo está organizado de la siguiente forma: Sección 2 exponemos trabajos relacionados con la investigación. Sección 3 describimos los detalles de nuestra contribución. En la Sección 4 introducimos un caso de estudio empírico que implementa el modelo propuesto. Las conclusiones y trabajos futuros son presentadas en la Sección 5.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Mejorar el proceso de búsqueda en las redes P2P ha sido objeto de muchas investigaciones por parte de la comunidad internacional. Redes como Guntella y BitTorrent se encuentran entre las más populares de su tipo. Muchas de estas redes cuentan con muchos años de explotación y una gran membresía, sin embargo, en su gran mayoría no implementan métodos eficientes de búsquedas, lo que incide negativamente en el rendimiento de la red. Una gran variedad de métodos de propagación de consultas han sido implementados para diferentes modelos o arquitecturas P2P [1]. Entre los nuevos modelos de recuperación P2P, destacan algunos que emplean el Análisis Semántico Latente (ASL) y otras técnicas para crear asociaciones entre los nodos de la red, y de esta forma dirigir el proceso de búsqueda a los nodos que poseen mayores probabilidades de satisfacer la consulta emitida [2]. Otros enfoques se basan en la realimentación por relevancia para proveer experiencias centradas en el usuario dentro de la búsqueda de información [8]. Por otra parte se ha planteado la creación de comunidades virtuales tomando como fuente los perfiles de usuarios, agrupándolos según sus temas de interés para favorecer el proceso de búsqueda [1].

A pesar de los nuevos modelos y alternativas presentadas por la comunidad de RI, para mejorar las deficiencias en el proceso de búsqueda P2P, los sistemas actuales presentan problemas que afectan este proceso. Entre las principales deficiencias identificadas figuran la falta de incorporación de técnicas RI, descubrimiento de recursos y la fusión de los resultados. Consideran la acción de búsqueda como una actividad individual, por lo que usuarios con necesidades compartidas de información deben implementar sus propios mecanismos para facilitar una colaboración explícita entre ellos.

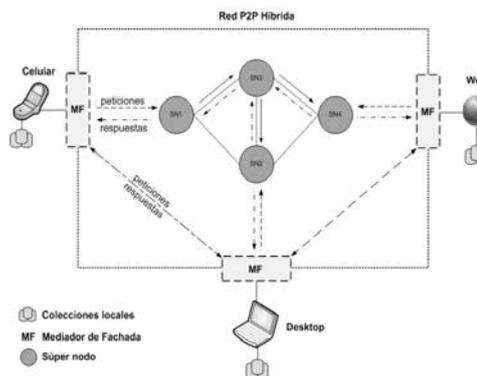


Figure 1: Arquitectura del Modelo de Eventos Distribuido.

Los diseños y deficiencias citadas anteriormente sirvieron de motivación para diseñar e implementar el modelo propuesto. Este modelo intenta extraer y explotar la semántica latente existente de la información compartida en la red P2P, para facilitar una búsqueda colaborativa explícita entre usuarios con necesidades compartidas de información.

3. MODELO DE EVENTOS DISTRIBUIDO

El modelo de eventos propuesto, tiene como objetivo facilitar el desarrollo de sistemas RICS-P2P que implementen técnicas actuales del estado del arte del área de RIC. Además de intentar lograr la interoperabilidad entre las diferentes tecnologías (Celular, Web, Desktop) con un mismo sistema RICS-P2P. Este modelo se compone de dos componentes principales: *Mediator de Fachada* y un *Mecanismo de Propagación de Consultas*. El primero funciona como una interfaz mediadora entre las aplicaciones clientes y el sistema RICS, así como posibilita la creación de Sesiones de Búsqueda Colaborativas (SBC) para agrupar a usuarios con necesidades compartidas de información. Mientras, el Mecanismo de Propagación de Consultas provee dos métodos de propagación de consulta, para guiar proceso de búsqueda dentro de las SBC hacia los nodos con colecciones relevantes.

3.1 Comunicación entre nodos

La Figura 1 muestra la arquitectura del modelo de eventos propuesto. Como se puede apreciar cada tecnología cuenta con un *Mediator de Fachada*, el cual está compuesto por tres objetos principales:

- *Despachador de Peticiones*: Objeto encargado del envío de las peticiones del usuario (mensajería, búsqueda, recomendaciones, etc.) realizadas a su súper nodo o a otro usuario de la red.
- *Controlador de Comunicación*: Objeto proxy que representa al usuario en el espacio local o remoto, mediante el cual se le realizan las diferentes peticiones y notificaciones al mismo.
- *Controlador de Notificaciones*: Objeto encargado de registrar y notificar a la interfaz gráfica del usuario, las diferentes operaciones soportadas por el sistema RICS.

El *Mediador de Fachada* como su nombre lo indica constituye medio conector entre los diferentes tipos aplicaciones clientes y el sistema RICS. Además, garantiza que los usuarios puedan establecer una comunicación directa con algún miembro de la red, o emplear a un súper nodo u otro nodo como intermediario para establecer dicha comunicación.

3.2 Métodos de Propagación de Consultas

Los métodos de propagación de consultas desempeñan un papel fundamental en proceso de búsqueda, así como en el rendimiento de la red P2P. En este trabajo proponemos un método particular de indexación híbrida, para proveer un eficiente y efectivo descubrimiento de los recursos de la red. El proceso de indexación cuenta con dos fases. La primera fase representa la indexación local de las colecciones de los nodos (usuarios). Para esta operación se empleó la instanciación del motor de búsqueda Lucene provisto en el framework CIRLab [3]. En la segunda fase, el súper nodo (sistema RICS) es notificado acerca las colecciones indexadas por sus nodos. Cada súper nodo crea espacios semánticos tomando como base la correlación entre los nodos y la semántica de los términos de sus colecciones. Estos espacios semánticos son actualizados periódicamente. Los métodos de propagación de consultas propuestos están basados en estos espacios semánticos, obtenidos empleando la técnica de Descomposición en Valores Singulares (DVS) y los servicios de ASL implementados en framework CIRLab [3].

3.2.1 First Level - LSA Query Propagation (FL-LQP)

En este método el súper nodo toma como fuente los espacios semánticos (primarios) creados con los términos publicados de las colecciones locales indexadas por sus nodos(usuarios). Estos espacios semánticos representan las correlaciones existentes entre los nodos y los términos de las colecciones que contienen los mismos. Esta información permite determinar los nodos que poseen una mayor de probabilidad de contener información relevante para una consulta determinada, y reenviar la misma a estos. Sea M la matriz de entrada: $M_{(i;xj)}$ donde [filas i = términos; columnas j = nodos], tf_{ij} la frecuencia relativa del término i en la colección del nodo j , y sea gf_{ij} la frecuencia absoluta del término i en la colección del nodo j . Una vez construida la matrix de entrada, las funciones de peso local y global pueden ser aplicadas. En nuestro caso, empleamos la función de asignación de pesos log-entropy [6]. En otras palabras cada elemento de la matriz $M_{a_{ij}}$, tendrá el siguiente valor:

$$a_{ij} = g_i \ln(tf_{ij} + 1), \quad (1)$$

$$\text{con } g_i = 1 + \sum_j \frac{p_{ij} \log_2(p_{ij})}{\log_2 n}, \text{ donde } p_{ij} = \frac{tf_{ij}}{gf_i}. \quad (2)$$

3.2.2 Multi Level - LSA Query Propagation (ML-LQP)

Este método permite a un súper nodo determinar a cuáles de sus vecinos (súper nodos) reenviar una consulta realizada por uno de sus nodos. Este proceso se lleva a cabo cuando el súper nodo no encuentra ningún nodo dentro su subred con colecciones potenciales, o cuando se especifica explícitamente propagar la consulta a sus vecinos. En este caso la propagación de la consulta tiene un tiempo de vida (TTL, por defecto 10), el cual determina la cantidad de saltos o

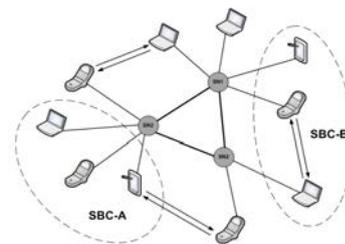


Figure 2: Diferentes escenarios de SBC.

súper nodos a los cuales será propagada la consulta. El valor original del TTL es decrementado en 1 por cada súper nodo que recibe el mensaje de propagación de consulta. Esta propagación culminada cuando el valor del TTL sea 0.

Para este método los súper nodos vecinos comparten su matriz de características, con el objetivo de que cada súper nodo pueda crear espacios semánticos (secundarios) que faciliten la propagación de las consultas hacia los vecinos con colecciones más potenciales. Toda consulta tiene un UUID (Universal Unique Identifier) que hace posible que un súper nodo no procese la misma petición dos veces. ML-LQP tiene además un parámetro que determina la cantidad de nodos por cada súper nodo (PW, por defecto 10), a los cuáles este les reenviará la consulta. Los nodos a los cuales le será propagada la consulta se obtienen a partir de un análisis de los espacios semánticos del súper nodo, con propósito de encontrar aquellos nodos que poseen un mayor grado de probabilidad de tener información relevante para la consulta emitida. Para lograr crear los espacios semánticos secundarios previamente mencionados, se requiere modificar las variables de las ecuaciones 1 y 2 como se muestra a continuación:

M la matriz de entrada: $M_{(i;xj)}$ donde [filas i = términos; columnas j = súper nodos], tf_{ij} frecuencia relativa del término i en las colecciones locales de nodos(usuarios) conectados al súper nodo j , y gf_{ij} es la frecuencia absoluta del término i en las colecciones locales de nodos conectados al súper nodo j .

4. CASO DE ESTUDIO

WeSearch (**We**/Web Search - Interfaz Web de búsqueda colaborativa) es un sistema RICS-P2P experimental, el cual hace uso del modelo de eventos propuesto para explorar los recursos compartidos por sus usuarios. WeSearch está implementado sobre una arquitectura P2P híbrida basada en súper nodos, además emplea SBC para agrupar usuarios con necesidades compartidas de información. Cómo aspecto distintivo debemos destacar que las SBC propuestas, permiten que sus miembros pertenezcan a diferentes instancias de un mismo sistema RICS, es decir que se encuentren conectados a diferentes súper nodos de la red híbrida (Figura 2). Con el propósito de facilitar la colaboración explícita durante el proceso de búsqueda, la SBC permite el uso de diferentes técnicas RIC. WeSearch adapta a su contexto las propuestas de *Collaborative Relevance Feedback* y *Full Division of Labour* realizadas por Foley en [5], al resultar estas las de mejores resultados alcanzados durante sus simulaciones.

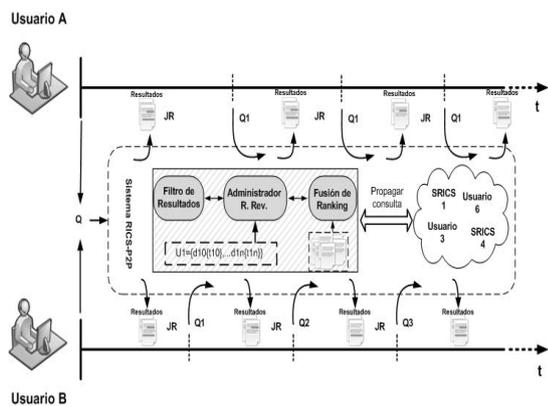


Figure 3: Escenario de búsqueda de WeSearch.

La Figura 3 representa el proceso de búsqueda colaborativa entre dos usuarios de WeSearch. En este caso dos usuarios con necesidades compartidas de información formaron una SBC. Se considera además que ambos presentan el mismo nivel de experiencia y experticia. Durante la sesión de búsqueda cada usuario tiene la capacidad de emitir sus propias consultas, además de beneficiarse de los descubrimientos realizados por su compañero. El proceso inicia cuando los dos usuarios emiten una consulta de forma conjunta al sistema. Luego el sistema determina si alguno de sus nodos (usuarios) tiene alguna probabilidad de contener información relevante para la misma, en caso contrario el sistema puede propagar la consulta hacia sus súper nodos vecinos. Una vez propagada la consulta y obtenido los resultados de búsqueda, se procede a realizar una fusión de ranking de las listas de resultados. Luego la lista final resultados obtenidas es dividida entre los dos usuario aplicando división del trabajo.

Una vez efectuada la consulta inicial al sistema, cada usuario realiza una revisión de los documentos recuperados y puede realizar juicios de relevancias explícitos o implícitos (guardar el documento, copiar parte de su contenido) de los mismos. A partir de los juicios de relevancias emitidos por los usuario, el sistema reformula la consulta de búsqueda de estos y retorna una nueva lista de resultados. Esta nueva lista de resultados es obtenida luego de aplicar la técnica de *Full Division of Labour*, de esta manera se reduce el esfuerzo requerido por los usuarios en el proceso de búsqueda, además de beneficiarse de las experiencias de su compañero mediante el empleo de la *Collaborative Relevance Feedback*. En caso de que la consulta inicial de sistema o las consultadas reformuladas obtenidas luego de varias iteraciones de búsqueda, no satisfagan las necesidades de los usuarios, estos pueden iniciar el proceso nuevamente o formular consultas individuales cada uno.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo fue presentado un modelo de eventos distribuidos para facilitar el desarrollo de sistemas de Recuperación de Información Colaborativos Sincronos, que incluyan las colecciones locales compartidas por sus usuarios durante el proceso de búsqueda. Como parte de este modelo de evento, fueron presentados dos métodos de propagación

de consulta para guiar el proceso de búsqueda hacia los usuarios con colecciones potenciales, que puedan satisfacer la necesidad de información un usuario. Estos métodos FL-LQP y ML-LQP explotan la semántica latente existente entre los usuarios y sus colecciones para mejorar la eficiencia de la búsqueda. Aunque por su naturaleza el método FL-LQP, puede resultar el más eficiente en cuanto al tiempo respuesta al usuario, ML-LQP puede ofrecer un mejores resultados al explorar una mayor cantidad de nodos de la red. Como trabajo futuro de esta investigación, desarrollaremos un experimento con el caso de estudio analizado en trabajo, con el cual trataremos de validar la efectividad de los métodos propuestos, mediante el empleo de las métricas de *Viewed Precision / Recall* y *Selected Precision / Recall*. Trataremos determinar los valores óptimos de las variables *TTL* y *PW* para obtener una mayor eficiencia en el proceso de búsqueda. Además, de evaluar la efectividad las técnicas de *División del Trabajo* y *Transferencia de Conocimiento*, implementadas en WeSearch con la instanciación del modelo propuesto, a partir de la metodología de evaluación propuesta por Foley en [5].

6. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been supported by the Spanish research programme Consolider Ingenio 2010: MIPRCV (CSD2007-00018), the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovacion under project TIN2008-06566-C04-01, and the Consejería de Innovacion, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía under project P09-TIC-4526.

7. REFERENCES

- [1] J. Buford, H. Yu, and E. Lua. *P2P networking and applications*. Morgan Kaufmann, 2009.
- [2] E. Cohen, A. Fiat, and H. Kaplan. Associative search in peer to peer networks: Harnessing latent semantics. *Computer Networks*, 51(8):1861–1881, 2007.
- [3] J. Fernández-Luna, J. Huete, R. Pérez-Vázquez, and J. Rodríguez-Cano. Cirlab: A groupware framework for collaborative information retrieval research. *Information processing & management*, 46(6):749–761, 2010.
- [4] J. Fernández-Luna, J. Huete, R. Pérez-Vázquez, J. Rodríguez-Cano, and C. Shah. Cosme: A netbeans ide plugin as a team-centric alternative for search driven software development. 2010.
- [5] C. Foley and A. Smeaton. Division of labour and sharing of knowledge for synchronous collaborative information retrieval. *Information processing & management*, 46(6):762–772, 2010.
- [6] T. Landauer, D. McNamara, S. Dennis, and W. Kintsch. *Handbook of latent semantic analysis*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2007.
- [7] M. Morris and E. Horvitz. Searchtogether: an interface for collaborative web search. In *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 3–12. ACM, 2007.
- [8] L. Zhang, Z. Wang, and D. Feng. Efficient high-dimensional retrieval in structured p2p networks. In *Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on*, pages 1439–1444. IEEE, 2010.

Experiencias y Pósters

Realidad aumentada en las bibliotecas de Barcelona

Rosa Molina

*Biblioteca Les Corts-Miquel Llongueras
Riera Blanca 1-3*

08028 Barcelona

molinalr@diba.cat

Mireia Ribera

*Universitat de Barcelona
C/ Melcior de Palau, 140*

08014 Barcelona

ribera@ub.edu

RESUMEN

La realidad aumentada puede ser una excelente herramienta para atraer público joven a las bibliotecas públicas. Éste es el punto de partida de la presente experiencia que nace de la necesidad de la institución Bibliotecas de Barcelona de aumentar el número de usuarios de entre 16 y 24 años.

Palabras clave

Realidad aumentada, biblioteca pública, Barcelona, público joven, Diseño Centrado en el Usuario.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada consiste en la superposición de contenidos virtuales a contenidos reales. De esta manera, se enriquece la percepción de la realidad que el usuario tiene y se le dota de una gran capacidad de interacción. Esta tecnología ofrece una potencialidad enorme en el diseño de interfaces y numerosas instituciones han comenzado a utilizarla para difundir sus servicios, dar a conocer los fondos que albergan, enriquecer los objetos que exponen, ofrecer visitas guiadas, etc.

Un buen ejemplo sería el Streetmuseum¹ [creado por el Museum of London]. Se trata de una aplicación que permite ver fotografías históricas de diferentes lugares de la ciudad de Londres que se superponen a la imagen actual de la ubicación del usuario. O la biblioteca más grande de Europa, la Centrale Bibliotheek de Ámsterdam², que utiliza los códigos QR como parte de un juego multimedia interactivo de preguntas y respuestas que permite a los alumnos de 10-12 años hacer una visita guiada a sus instalaciones. Otro de los usos que se empieza a dar a la realidad aumentada es enriquecer la experiencia de lectura de los libros impresos³. La realidad aumentada también ha modificado el concepto de arte. En la última edición de la Bienal de Venecia⁴, obras virtuales convivieron con pabellones y exposiciones reales.

El uso de la realidad aumentada se ha extendido gracias a los smartphones o teléfonos inteligentes, desde los cuales el usuario puede acceder a los contenidos de realidad aumentada bien a través de un marcador o bien a través del GPS. Los marcadores pueden ser fotografías o códigos QR, que al ser captados por la cámara del móvil revelan la información vinculada. El usuario

necesita tener instalado previamente un software decodificador. Para los contenidos que están geoposicionados, el usuario necesitará de un navegador de realidad aumentada, como Layar, Junaio, Wikitude, Acrossair, Sekai Camera o Mixare. En muchos casos, los navegadores son también plataformas de trabajo, es decir, están abiertos a los desarrolladores para que éstos incorporen capas con datos geolocalizados.

2. PROYECTO

Esta experiencia explica el proyecto de captación de público joven en las bibliotecas de la ciudad de Barcelona, usando la tecnología de realidad aumentada.

La voluntad de la institución Bibliotecas de Barcelona de incorporar nuevos usuarios y crear servicios específicos para determinados segmentos de público, así como de potenciar el acceso a recursos desde dispositivos móviles, se recoge en sus planes de acción [1] [2]. Para tener una idea del contexto baste citar que durante el período 2010-2011 de los 1.068.390 usuarios inscritos en la comarca del Barcelonés (a la que pertenece Barcelona), sólo el 15'58% pertenecían al segmento de público juvenil [3].

El proyecto que se detalla a continuación se desarrolló como trabajo final del Máster en Gestión de Contenidos Digitales⁵ impartido por la Universitat de Barcelona y la Universitat Pompeu Fabra de Barcelona, al final del cual se presentaron 3 prototipos diferentes con elementos 3D geoposicionados en distintas bibliotecas de la ciudad (las elegidas fueron la Biblioteca Les Corts-Miquel Llongueras, la Biblioteca Sagrada Família y la Biblioteca Vapor Vell) y centrados en un concepto de marketing diferente (documentos, servicios y ventajas de tener el carnet). Posteriormente uno de los prototipos fue seleccionado e implementado en todas las bibliotecas.

3. DESARROLLO Y DISEÑO

La filosofía de trabajo empleada a la hora de crear los prototipos fue el Diseño Centrado en el Usuario, pues era importante conocer al público al que se dirigía la aplicación y hacerlo participe en el desarrollo de la misma. A la hora de establecer qué contenidos debían mostrarse, se interrogó al público joven sobre su uso y conocimiento¹ de la realidad aumentada, así sobre qué elementos de las bibliotecas públicas barcelonesas le resultaban más interesantes.

¹La encuesta se puede consultar en <https://dl.dropbox.com/u/7160943/EnquestaRealitatAugmentada.pdf>

Un total de 20 jóvenes de entre 16 y 24 años participaron en la encuesta y con los resultados obtenidos se desarrollaron tres prototipos: uno basado en las prestaciones del carné (lo más valorado fue la posibilidad de tener hasta 30 documentos en préstamo durante 30 días y de acceder a descuentos en librerías, museos, etc.), otro en servicios y actividades (los que obtuvieron una puntuación más alta fueron las salas de estudio y la conexión a internet, bien desde los ordenadores de la biblioteca o bien desde el dispositivo móvil del usuario) y otro en los documentos (los preferidos resultaron las novelas, guías de viaje y películas).

Por lo que respecta al desarrollo técnico se optó por crear una capa dentro de Layar, navegador de realidad aumentada muy extendido. Con esta opción se simplificaban los requerimientos técnicos (al proporcionar un entorno de trabajo sencillo donde no eran necesarios conocimientos avanzados de programación) a la vez que se facilitaba la difusión y el manejo por parte del público final, al usarse una interfaz ya conocida por el usuario, pues el conocimiento y uso de este tipo de tecnología está aún poco maduro.

De entre las principales plataformas evaluadas, la escogida fue Layar [4], dado que se trata de la más extendida y además posee una gran variedad de herramientas, como la que permite transformar una imagen en 3D generada por cualquier programa en un archivo soportado por Layar. Además es compatible con una amplia gama de sistemas operativos: Android, iOS, RIM y Symbian y en algunos móviles ya viene preinstalado. La edición de la información contenida en la capa o layer, puede realizarse a través de un gestor de contenidos que proporcionará una URL que después se suministrará a Layar. El editor escogido fue Hoppala Augmentation [5], que es una herramienta gratuita y permite definir puntos de interés (POI) e incorporar imágenes, archivos de vídeo y audio y contenidos tridimensionales de forma rápida y fácil. Los objetos en 3D fueron generados por el programa de código abierto Blender [6].

4. IMPLEMENTACIÓN

La capa de Layar de las bibliotecas de Barcelona es hoy una realidad⁶. Finalmente, el prototipo que se desarrolló y replicó fue el del carné de bibliotecas, dado que las aulas de informática y las salas de estudio gozan de buena aceptación y son muy visitadas por el público joven y los materiales mejor valorados han sido plenamente difundidos a través de otras herramientas, como el blog de las bibliotecas.

Si el usuario dispone de Layar y tiene activada esta capa, cuando se encuentra delante de cualquier biblioteca de la ciudad, visualiza a través de la cámara de su móvil un carné flotante en 3D de grandes dimensiones delante de la fachada (en el cual se informan de las ventajas ser miembro) e información referente a la biblioteca (nombre, dirección, tema en el que está especializada y sitio web), como se muestra en la imagen siguiente.

Queda pendiente aún una difusión más generalizada del proyecto y su evaluación, que se realizará mediante encuestas mensuales a los jóvenes que se hacen por primera vez el carné preguntando por qué medio han conocido la biblioteca.



Figura 1. Captura de pantalla delante de la Biblioteca Ignasi Iglésias-Can Fabra

4. REFERENCIAS

- [1] Biblioteques de Barcelona (2011). “Biblioteques de Barcelona: 10 anys +. Nous reptes i noves oportunitats. Del Pla de Biblioteques de Barcelona del 1998 a les propostes per al 2020” en http://issuu.com/bibliotequesbcn/docs/bb_propostes2020 [consulta 28-6-2012]
- [2] Biblioteques de Barcelona (2011). “Pla d’Acció 2011”. en http://w110.bcn.cat/Biblioteques/Continguts/Documents/Fitxers/BB_plaaccio_2011.pdf [consulta 28-6-2012]
- [3] Xarxa de Biblioteques Municipals de la Diputació de Barcelona (2010). “Dades per comarques 2010-2011. Barcelonès” en http://www.diba.cat/biblioteques/documentspdf/barcelones_2010_2011.pdf [consulta 28-6-2012]
- [4] Layar (2011). <http://layar.com> [consulta 28-6-2012]
- [5] Hoppala Augmentation. <http://www.hoppala-agency.com> [consulta 28-6-2012]
- [6] Blender. <http://www.blender.org> [consulta 28-6-2012]
- ¹ <http://www.museumoflondon.org.uk/Resources/app/you-are-here-app/home.html>
- ² <http://www.oba.nl/>
- ³ <http://www.bienetec.es/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/ar-books/index.jsp>
- ⁴ <http://www.labiennale.org/en/Home.html>
- ⁵ <http://www.ub.edu/biblio/mgcd.html/>
- ⁶ <http://www.layar.com/layers/provabiblioteca>

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE INTERFACES PARA LA TERCERA EDAD

Antonio L. Carrillo¹

Juan Falgueras³

Dpto. Lenguajes y C. Computación

University of Málaga

Málaga. 29071 España

alcarrillo@uma.es¹

jfalgueras@uma.es³

Santiago Martínez²

Ken Scott-Brown⁴

School of Social Health Sciences

University of Abertay Dundee

Dundee, DD1 1HG, UK

s.martinez@abertay.ac.uk²

k.scott-brown@abertay.ac.uk⁴

ABSTRACT

La diversidad actual de tipos de dispositivos actúa como barrera para su aprendizaje. La variedad de los elementos de la interfaz así como sus diferentes funcionalidades, incluso en la misma categoría de productos y bajo la misma marca o compañía, incrementan la curva de aprendizaje para alcanzar un uso efectivo. En consecuencia, es de esencial importancia el diseño de la interfaz para conseguir una mejora sustancial del rendimiento y la satisfacción de los usuarios con necesidades específicas. Sobre la base de un paradigma inclusivo, en este trabajo proponemos mejorar la usabilidad, la accesibilidad y la satisfacción con la interfaz para un grupo específico de usuarios, el de las personas mayores sin experiencia tecnológica, en beneficio de todos los tipos de usuarios. En este trabajo se analizan los requisitos de aquellos usuarios, sus objetivos y el contexto de uso, para comprobar la eficacia de un nuevo tipo de interfaz simplificada. Este tipo de interfaz es el resultado de un nuevo estilo de interacción, concebido para ayudar y guiar a los usuarios con necesidades específicas debido a su edad y a la escasa o nula experiencia con las tecnologías de la información.

Categorías and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: *Evaluation/methodology, Graphical user interfaces (GUI), Interaction styles, Prototyping, Screen design, Theory and methods*

Keywords

Interface for elderly, Assistive interaction, Inclusive interface design.

1. INTRODUCCIÓN. VARIABLES ESPECÍFICAS PARA LOS USUARIOS DE LA TERCERA EDAD E IMPLICACIONES

Las tecnologías asistivas de la comunicación y la información juegan un papel vital en el problema de la exclusión del mainstream de los usuarios de la tercera edad. Los usuarios de la tercera edad tienen menos incentivos para aprender que incluso los usuarios de una sola vez (*one-time users*). Estos usuarios suelen argumentar “Soy demasiado mayor para aprender habilidades nuevas” [1]). El coste de aprendizaje es pues incrementado por el tiempo que les llevaría adquirir las nuevas habilidades, mucho mayor que el de usuarios jóvenes con las habilidades cognitivas intactas. Consecuentemente para las personas de la tercera edad, el coste de aprendizaje es más

importante que la posibilidad de usar la misma tecnología en el futuro cercano, un incentivo muy común en usuarios jóvenes. En esta misma línea, estos usuarios mayores pueden no tener ningún interés en los pequeños detalles que conforman los componentes software o hardware, y así la motivación para su uso sólo puede ser incrementada mediante métodos didácticos y guiados. La guía durante el proceso, asistencia en caso de error y demostración de la consecución del objetivo son el núcleo de la interacción para este tipo de usuarios. Incluso si se alcanza un aprendizaje suficiente para el uso de la interfaz, se debe considerar dicho uso como el primero en términos de memoria y funcionalidad del usuario. Seguidamente enumeraremos y describiremos un conjunto de variables relacionadas con dicho uso de la tecnología: motivación: muy baja o nula; familiaridad: muy baja o nula; nivel de habilidad: muy bajo; coste de aprendizaje del uso: alto o muy alto; aspectos procedurales del aprendizaje = en función de la implementación de la interfaz; experiencia en la interfaz: ninguna; capacidad: inherente al usuario; rendimiento = en función de la capacidad del usuario y de los factores del entorno; factores del entorno = en función de la implementación de la interfaz y de otros factores no considerados.

La selección anterior de variables y sus valores tienen implicaciones importantes en el diseño de la interfaz y la interacción.

a) Facilidad de aprendizaje (Learnability): la interfaz debe ser construida teniendo en cuenta el hecho de que el número total de sesiones que el usuario va a realizar está limitado a 1. Ésto significa que las posibles interacciones futuras no están incluidas. Mecanismos de aprendizaje de funcionalidades de la interfaz, como la retención o la repetición son extremadamente limitados. Mejor que esperar a que el usuario las adquiera usando el sistema, es recomendable emplear tiempo y esfuerzo en mostrarle cómo conseguir sus objetivos. Se recomienda el uso adecuado de la metáfora para establecer relaciones intuitivas con los elementos del mundo real y la interfaz (ver el trabajo de Carroll sobre la metáfora [1]).

b) Sistemas de guía (Guidance): donde sea posible, mecanismos eficientes de guía durante la interacción deben ser incluidos. Este aspecto plantea compensar la deficiencia del aprendizaje. Por ejemplo, cada etapa del proceso podría mostrar un mapa de pasos completados y futuros, que fuera de utilidad para usuarios inexpertos en general.

c) Asistencia (Assistance): debe existir un sistema efectivo de ayuda, útil para demostrar puntos críticos de la interacción en

términos de complejidad y novedad. Este sistema debe ser operativo en caso de cualquier error o imposibilidad de consecución de un objetivo. Este aspecto está relacionado directamente con la retroalimentación del usuario, y tendrá influencia en la noción que el usuario percibe del proceso de interacción con el sistema.

2. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Se sometió a un proceso de evaluación empírica a un primer prototipo, con objeto de poder comprobar algunas hipótesis planteadas, y detectar posibles problemas de usabilidad o de accesibilidad. Se testearon cinco participantes. La edad media de los participantes fue de 74 años (desviación típica 3.75), tres de los usuarios tenían un nivel cultural alto, y los otros dos un nivel bajo. Ninguno de los usuarios tenía experiencia ni con ordenadores ni con dispositivos tipo tablet (que fueron los utilizados para los tests). Todos tenían alguna experiencia con otros dispositivos electrónicos como el TV, el teléfono móvil o el microondas, pero la mayoría, sólo a nivel básico.

- HIPÓTESIS 1: “Un *Mapa de Objetivos Activos* permite guiar y centrar al usuario sobre cuál es su objetivo en cada momento, y sobre qué objetivos están pendiente de conseguir”.

Conclusión: Hipótesis 1 refutada.

Ninguno de los usuarios prestó atención al *mapa de objetivos*; apenas fue observado, ni tampoco percibieron su propósito. En varias ocasiones intentaron presionar sobre los “globos de texto” correspondientes a objetivos presentes en dicho mapa, pero sin ninguna intención concreta. Por tanto, el *mapa de objetivos* se mostró como un elemento estéril, que ningún usuario percibió, leyó, o entendió correctamente. En lugar de servir de guía se mostró como un elemento que introducía confusión y distracción. Según la opinión de los usuarios (proporcionadas en las entrevistas posteriores a cada test), hubiesen preferido no encontrar dicho *mapa*, o si acaso, sólo el objetivo actual.

- HIPÓTESIS 2: “Un *Mapa de Pasos* (presente en el *área de asistencia*) permite guiar al usuario, ya que le ofrece una visión global de los pasos que debe completar, además del actual, para alcanzar el (sub)objetivo actual”

Conclusión: Hipótesis 2 refutada.

Los usuarios no llegaron a diferenciar entre el paso actual y los pasos pasados y futuros (del método a seguir para alcanzar el objetivo actual). Tuvo un efecto similar al *mapa de objetivos*: los usuarios o ignoraron el *mapa de pasos* o rara vez fue observado, y ninguno leyó nunca la secuencia completa de pasos mostrados. Las lecturas fueron aleatorias, sin orden determinado, y sin percibir su misión. A veces intentaron presionar sobre el “globo de texto” que describía alguno de dichos pasos, pero sin tener claro el por qué. Por tanto, en lugar de ayudar y guiar a los usuarios, provocó el efecto contrario, siendo fuente de errores o confusión.

Según la opinión de los usuarios, hubiesen preferido que se les mostrase sólo el paso actual, el inmediato, minimizando así la información proporcionada por el agente virtual, y dejando sólo la estrictamente necesaria para entender cuál es el paso concreto a realizar en cada momento, y cómo poder llevarlo a cabo.

3. CONCLUSIONES

El resultado es una propuesta de interfaz simplificada, resultado de un nuevo estilo de interacción concebido para ayudar y guiar a estos usuarios durante todo el proceso de interacción, y cuyos

objetivos se pueden resumir en los siguientes puntos: simplificar el proceso de toma de decisiones, guiar en todos los pasos del proceso de interacción, y enseñar a usar los componentes interactivos de la interfaz. Como paradigma último se propone encontrar el equilibrio correcto entre la información presentada y la necesaria para llevar a cabo el paso actual en cada etapa y alcanzar así el objetivo inmediato.

Además de las guías y recomendaciones dadas podemos resumir que para el tipo de usuarios estudiado, usuarios de la tercera edad sin experiencia, mientras se mantenga la funcionalidad de la interfaz disminuyendo su carga cognitiva (menos recargada en aspectos sintácticos y semánticos, así como de elementos visuales irrelevantes), más efectiva será la interacción, y menos distracciones, dudas e interferencias se producirán en el proceso. Cada elemento que se coloque en la interfaz deberá ser porque realmente resulte necesario para guiar, ayudar, o describir el paso actual a realizar. Por lo tanto, el *Mapa de Objetivos* y el *Mapa de Pasos* deben ser eliminados de la interfaz, como muestra el segundo prototipo realizado (ver Fig. 1).

4. REFERENCIAS

- [1] Carroll, J. M. and Thomas, J. C., *Metaphor and the cognitive representation of computing systems*, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, vol. 12, no. 2, pp. 107–116, 1982.
- [2] Newell, A.F.: *Older people as a focus for inclusive design*, Gerontechnology 4 (4) 2006 pp.190-199.

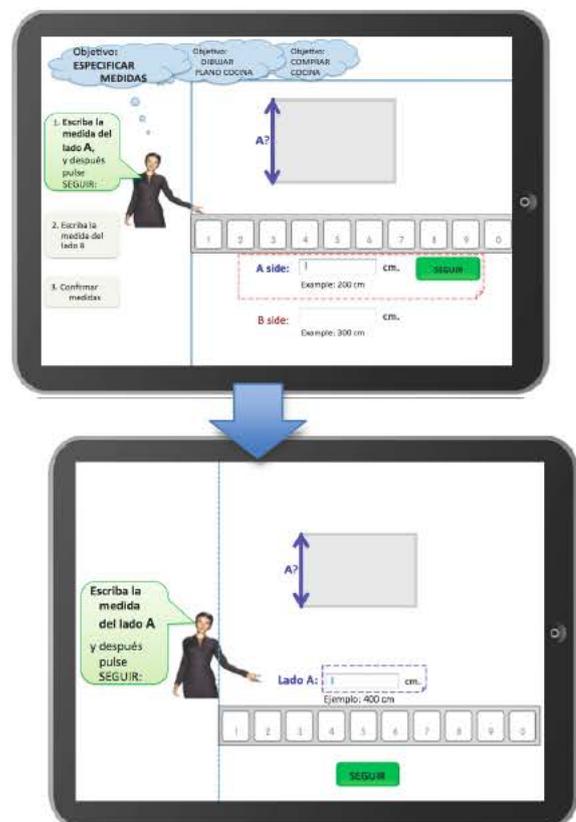


Figura 1. Arriba, prototipo inicial testeado. Abajo, prototipo evolucionado. Nótese la ausencia del *mapa de objetivos* y del *mapa de pasos*.

TabletNet: Utility, Usability and User Interface Quality

Habib M. Fardoun
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
hfardoun@kau.edu.sa

Daniyal M. Alghazzawi
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
dghazzawi@kau.edu.sa

Antonio Paules Ciprés
Information Systems Department
King Abdulaziz University (KAU)
P.O. Box: 80200, Jeddah, 21589,
Jeddah, Saudi Arabia
+966 6400000 51332
apcires@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the TabletNET application utility and usability functions and quality assurance aiming at technology enhanced learning for primary and secondary schools. TabletNET is easy to use and deploy by both students and teachers; students can better understand their lessons, and teachers can enrich their subjects. The results show that TabletNET is an educational application to support traditional educational needs and to be utilised inside the classroom, facilitating both teachers and students in their everyday activities, as it is easy to use and follows the ISO standards for user interface quality assurance.

Categories and Subject Descriptors

C2.1 [Network Architecture and Design]: Message sending - Network communications; D4.7 [Organization and Design]: Distributed systems - Interactive systems; I3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques; H.5.2 [User Interfaces]: Graphical user interfaces (GUI) - Interaction styles.

General Terms

Design, Human Factors, and Standardization

Keywords

TabletNET, ICT, Educational tools, Schools, Usability, Portability, Functionality, Teachers needs, Students needs, ISO 9216, User interface.

1. INTRODUCTION

Our ISE Research group has created a tool called TabletNET. The results show that it complied with usability standards, offers utility and user interface qualities that makes it additional support to the educational process inside the classroom, and, thus it is currently one the most reliable technology enhanced learning applications for secondary and primary schools. It appears that the new educational tools increase in the market is due to their incorrect and inappropriate use, by both teachers and students, basically because of their complex nature [1]. For that, the main problem to solve here is to develop an application that is simple,

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 '12, Oct 3-5, 2012, Elche, Alicante, Spain.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1314-8/12/10...\$15.00.

easy to use and reliable; teachers can prepare their lessons and classroom documentation in a comfort and flexible way, and at the same time, the application can be adapted to their needs and teaching methods. Moreover, it is expected that primary and secondary school students, can be motivated to learn, work and have fun with a well-designed tool which adapts to their way of work and authentic everyday educational needs [2]. It is therefore a need to create a system that facilitates teachers, students, and furthermore schools with their communication in the classroom as well as their in-between communication. Thus, the teacher communicates with the student within a sociocultural learning context; this means by sending them the required activities (in files or folders) as well as creating social relations based and supported by ICT along with the educational process [3].

TabletNET is a tool we have developed to support interaction between users in schools by speeding up the process of sending and receiving files related to educational activities between teachers and students.

2. TABLETNET USERS DESCRIPTION

2.1 Teachers Actions

After performing several surveys, for primary and secondary school teachers, and collecting information of the actions done by them inside the classroom, for more than 3 years, we set a number of patterns that those teachers usually make use of, to perform correctly there teaching process see Table 1.

Table 1. Teacher Patterns within TabletNET

Patterns	Description
Center Web	This action gives direct access to the corporate website of the school
Web Links	This action provides access to the web links up to the teacher that students gain direct access to resources internet
User Maintenance	This includes operations to perform maintenance of the system users
New student	This will create a student in the system in the selected group and the areas that has created this group
Delete student	This will delete a student from the selected group and all its files
Rename student	This action renames the selected student
Upload file students	Given a file with names separated by commas students, these students created in the system
Students Print	Prints the names of students with passwords
Impressions	From this option, the teacher can view, print

	and delete the files that the student sent to print.
Installers	In this option, the teacher can post installers, files and folders to install applications on TabletsPC students
Record screen	This option allows you to record the processes that students perform on your computer
Remote Control	This option allows you to take control of student computer through a VNC Server
Backup	Here the teacher will maintain the backups made by students
Activities	This option allows the sending of the activities to a student or several students
Fixes	This option allows you to send corrections to the students.
For the class	Sends custom correction to the whole class, corrected the record of each student towards the teacher this sends to each student.
For the student / students	Send the same correction toward a pupil or group of students selected
Downloaded Websites	Here the teacher manage the maintenance of the websites downloaded
Downloads for the class	This option allows the teacher to upload files and folders so that all students can download
Notebooks of students	Here the teacher can access the files and folders of the students, where you can delete and create files or folders

2.2 Students Actions

The actions the student needs to perform his learning activities, during the lessons hours, are presented in Table 2.

Table 2. Student Patterns within TabletNET

Patterns	Description
Center Web	Allows the student to access the corporate website of the school
WWW Links	Allows the student to access the web links posted by the teacher to access or download link to the local hard drive
Webs downloaded	Allows students to download to your local hard disk webs, so the students can download them to your hard drive to work with
My notebook server	Allows students to access content areas organized by quarters.
My classmates	Allows the student to access shared resources, files and folders, by their classmates
My shares	Allows the student to share files and folders with their classmates
Send file to server	Allows the student to send a file to the server identified by name, date, quarter and subject
Send folder Professor	It allows the student to send a folder to the server identified by name, date, quarter and subject
Send print	You send a document to print to the server
My Backup	Allows the student back to the server folder of your subjects.
Installers	Allows students to install and download installers to install on your computer without

	the user having permissions setup on the local computer.
Downloads	Allows students to download materials that the teacher up to the server, activities and resources for the student

3. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Evaluation and discussion of results was carried out, first by schools users who appreciate the usability and compliance of with all the requirements specified by this. On the other hand, parents and family environment, feel safe that the use of local network in the centre is encouraged with this application, without the use of social networks and instant messaging between their sons within the school environment. The premises, for which we started the development of this application, are the result of the reflection for more than four academic years, in the "Pizarra Digital" program [4].

The reference methodology for developing this project was the object-oriented development [5] [6], using the criteria of usability and a prototype development [7]. This part of the application will be presented in future works.

The formation of an interdisciplinary working group and the inclusion of a school have lead us to obtain optimal results, because the pedagogical members are able, over the time, to discover needs and changing needs as they arise.

The students actively participated in the error detection and modification of the user interfaces, we discover that students have a great space capabilities and an ability to repeat processes, and find the easiest way of performing their educational duties.

4. REFERENCES

- [1] Smerdon B., Cronen S., Lanahan L., Anderson J., Iannotti N., and Angeles J. 2000. Teachers' Tools for the 21st Century: A Report on Teachers' Use of Technology. Education Statistics Quarterly — Volume 2, Issue 4.
- [2] Jonassen, D.H. 1995. An instructional design model for designing constructivist learning environments. In H. Maurer (Ed.), Proceedings of the World Conference on Educational Media. Charlottesville, VA: AACE.
- [3] Fardoun, H. M., Montero, F., López-Jaquero, V., 2008. eLearnXML: Hacia el desarrollo de sistemas e-Learning basado en modelos, IX Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Albacete, June 9-11, Spain, pp. 351-360.
- [4] Proyecto de investigación Las políticas de un «ordenador por niño» en España. Visiones y prácticas del profesorado ante el programa escuela 2.0. Un análisis comparado entre comunidades autónomas. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- [5] Roger S. Presman. McGraw-Hill. Ingeniería del Software. Un enfoque práctico, Año: 2001.
- [6] Booch, Jacobson, Rumbaugh. Pearson. UML Gota a Gota. Año: 2000.
- [7] Burch J. G. y Grudnitski G. Diseño de Sistemas de Información. Megabyte Noriega Asociados. Año: 1997

Propuesta de optimización de los agentes pedagógicos virtuales inteligentes mediante la interpretación emocional

Angela P. Villareal F.
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
(572) 8209900
avillarreal@unicauca.edu.co

Andrés F. Aguirre A.
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
(572) 8209900
afaguirre@unicauca.edu.co

César A. Collazos O.
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
(572) 8209900
ccollazo@unicauca.edu.co

Yenny A. Méndez A.
Universidad del Cauca
Calle 5 No. 4 - 70
(572) 8209900
ymendal@unicauca.edu.co

ABSTRACT

Este artículo busca determinar la importancia de involucrar la captura de las emociones del estudiante dentro de los procesos de enseñanza de los agentes pedagógicos virtuales inteligentes, para optimizar sus metodologías.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *evaluation/methodology, user-centered design.*

General Terms

Design, Human Factors, Theory.

Keywords

Agentes Pedagógicos virtuales inteligentes, interpretación emocional, evaluación de usabilidad.

1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE

Los agentes pedagógicos se enmarcan como uno de los aportes significativos del área tecnológica a la educación. Con estos agentes, se busca personificar o representar la figura del profesor o del estudiante en un sistema de cómputo bajo las características de adaptabilidad, retroalimentación, soporte afectivo y capacidad de evolución [1]. Estos agentes pedagógicos deben asimismo tener en cuenta los dos canales la comunicación humana para realizar de una manera más efectiva su labor. El primer canal es el que se encarga de transmitir el mensaje de forma explícita, es decir, el que relaciona únicamente el contenido semántico. El otro tipo de canal no explícito es el que hace enriquecer la comunicación humano-humano y es el que transmite información implícita como edad, sexo, estado emocional del usuario, entre otra. Es en éste último canal en donde se han encontrado las mayores falencias de estos agentes, pues los desarrollos actuales han descuidado una de las características importantes mencionadas: el soporte afectivo [2].

Es por esta razón que se ha prestado interés en evaluar el impacto emocional que las aplicaciones mencionadas pueden evocar en el aprendiz y el efecto que se refleja en el aprendizaje; dado a que si

el sistema es capaz de reconocer las emociones, ésta información le servirá al agente que asume el papel de profesor, a optimizar su forma de proyectarse al estudiante [3]. Esto lleva a su vez a considerar la importancia de estudiar los aspectos relacionados con el desempeño y rendimiento académico, así como los efectos sociales de aceptación y eficiencia en los estudiantes [4]; sin embargo, y, pese a la intención, no existen muchos estudios desarrollados en el tema, por lo que no se tienen conclusiones reveladoras con respecto a la trascendencia emocional y al nivel de motivación de los alumnos al interactuar con un agente pedagógico virtual inteligente.

Ésta trascendencia emocional en el proceso enseñanza-aprendizaje ha sido considerada también por numerosos investigadores; lo cual ha llevado a que se realicen grandes avances en el estudio de las emociones en el aprendizaje, entre las cuales se destacan las investigaciones que demuestran que las emociones positivas pueden mejorar el aprendizaje y que, de modo contrario, las emociones negativas sirven de impedimento a este proceso. Interpretar las emociones, en consecuencia, se convierte en un elemento obligatorio no sólo dentro del proceso de interacción entre las personas sino también entre los agentes pedagógicos y los estudiantes.

En la primera concepción de los estudios en el campo de las emociones, los investigadores se enfocaron en las reacciones orgánicas tales como los efectos en la piel, el ritmo del corazón, la respuesta pupilar, entre otras reacciones corporales para darle entendimiento y detección; sin embargo, también se han hecho esfuerzos por encontrar generalidades en las distintas investigaciones para saber qué experimenta el individuo al momento de ser analizado. Es así como sobresale el estudio de la detección mediante expresiones corporales, específicamente por reconocimiento facial, debido a su metodología objetiva, ya que simplemente cuenta el movimiento muscular y lo relaciona a una emoción evocada [5]. Esta es la razón por la que se han desarrollado numerosas investigaciones alrededor de éste tema, siendo las más utilizadas el modelo OCC (Ortony, Clore y Collins) y las reglas propuestas por Ekman [6]. Estas dos investigaciones sirven de base para cubrir la necesidad de interpretación de las emociones de los aprendices, de modo que a través de éstas es posible dar significado a sus expresiones y de alguna manera, ayuda a los agentes a detectar rápidamente las

emociones negativas generadas en ellos, para así buscar mecanismos que respondan eficiente y prontamente ante estas circunstancias.

El modelo OCC permite comprender qué emociones experimentan las personas bajo situaciones determinadas, de modo que busca predecir y explicar las emociones humanas; los estudios de Ekman, por otro lado, demuestran que las expresiones faciales son un índice confiable de ciertas emociones básicas y buscan ser una guía para la interpretación de emociones por medio del sistema de codificación de Acción Facial (FACS).

La teoría de las emociones básicas, apoyada también por autores representativos tales como Damasio, es la que confirma que los estados emocionales pueden ser medibles tanto en los sistemas de reconocimiento de emociones, como en las evaluaciones post interacción. Además, plantea que las emociones básicas son menos propensas a variar significativamente de una cultura a otra, lo que facilita la traducción exacta y generalización de cuestionarios destinados a evaluar esas emociones. Por otro lado, el sistema de Codificación de Acción Facial (FACS) de Ekman y Friesen, el cual identifica un conjunto muy específico de los movimientos musculares para cada emoción, es una de las bases más ampliamente aceptadas para los sistemas de reconocimiento facial, ya que alcanza un nivel de precisión del 98% [7].

De la información recopilada, se podría concluir que éstos estudios han logrado contribuir en la conceptualización en el tema de las emociones y a la captura de la *voz del usuario*; y a pesar de haber sido utilizados en diferentes áreas de conocimiento, no presentan propuestas encaminadas a contribuir con los agentes pedagógicos virtuales inteligentes. Mediante la siguiente propuesta se pretende dar solución a esta carencia y proporcionar a los evaluadores, de un método robusto con el cual sea posible retroalimentar la información extraída de los métodos tradicionales.

2. DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA

Los avances investigativos en la temática son de mucha ayuda para la propuesta realizada; no obstante, es necesario considerar que para poner en práctica una técnica tal como la propuesta por Ekman, se requiere más que un rápido procesamiento de imágenes, un gran conocimiento sobre cada una de las reglas de codificación de emociones. Esta problemática puede ser solventada por medio de la aplicación de un área como la inteligencia artificial, específicamente a través de un conjunto de reglas expertas, las cuales podrán brindar el soporte necesario para disminuir el tiempo de inferencia de emociones.

De esta manera la propuesta del presente estudio está encaminada en utilizar la base conceptual mencionada con el fin de establecer un conjunto de reglas difusas, las cuales le permitan al agente pedagógico retroalimentarse de las emociones generadas en los estudiantes para así aplicar metodologías que se adapten a su nivel de aprendizaje.

El primer paso, es la *especificación de las reglas de interpretación emocional*, y comienza con la recopilación y análisis de los estudios más representativos con respecto al tema de lectura de emociones faciales; con lo cual se realizará la selección de la información más fiable que pueda ser utilizada y/o adaptada para la generación de las reglas difusas. El Segundo paso es la evaluación de las reglas de interpretación emocional que han sido planteadas en el paso anterior. Estas reglas serán aplicadas

dentro del ámbito educativo con el fin de obtener resultados significativos acerca de las emociones evocadas en los estudiantes. Finalizado este proceso se publicará la información referente a los resultados del caso de estudio. Una vez planteadas y probadas las reglas, se prosigue a analizar la manera en que esta información es útil para retroalimentar al agente pedagógico virtual y sus metodologías de enseñanza, de modo que se plantearán observaciones y recomendaciones para optimización para los agentes pedagógicos virtuales inteligentes. Este paso incluye una exploración y análisis de la documentación existente con respecto a los estudios más representativos en el tema de pedagogía y a los mecanismos para valorar motivación en los aprendices cuando éstos interactúan con agentes conversacionales, así como también relaciona estudios de usabilidad aplicados a este tipo de agentes.

3. COMENTARIOS FINALES Y APORTES

A través del desarrollo de la presente propuesta se pretende aportar al área de la educación, ya que al ser un proyecto pionero en el campo de agentes pedagógicos virtuales inteligentes puede servir de guía para posteriores estudios y proporcionar información relevante de esta temática. Asimismo se busca realizar un conjunto de observaciones y sugerencias para optimizar la lectura de emociones en los usuarios que interactúan con un sistema, buscando establecer lineamientos para posteriores evaluaciones de usabilidad.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) y el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones (CINTEL) en el marco del proyecto Mecanismo para la interpretación de emociones en la evaluación de usabilidad de entornos virtuales de aprendizaje.

5. REFERENCIAS

- [1] Perez Marín, D. 2010. Uso de Agentes Conversacionales Pedagógicos en Sistemas de Aprendizaje Híbrido (B-learning). Seminario de Investigación en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación
- [2] Ortego Reso, C. 2009. Detección de emociones en voz espontánea. Tesis Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.
- [3] Johnson, W., and Rickel, J. 2000. Animated Pedagogical Agents: Face to Face Interaction in Interactive Learning Environments, International Journal of Artificial Intelligence in Education.
- [4] Krämer, N.; Tietz, B., and Bente, G. 2003. Effects of Embodied Interface Agents and their gestural activity, Intelligent Virtual Agents, 4th. International workshop, IVA 2003-Proceedings.
- [5] Macías Kempé, R. 2008. Corpus de voz y video para apoyar la detección de mentiras, enojo y nerviosismo. Tesis Universidad de las Américas, Puebla. México.
- [6] Herrera Tirado, V., Castro-Schez, J. J., and González Morcillo, C. 2010. Generación de emociones en agentes de recomendación usados en portales de comercio electrónico.
- [7] Ekman, P., and Friesen, W. V. 1977. Facial Action Coding System: Consulting Psychologist Press.

Índice de autores

- Abad Arranz, Ana 87
Aedo, Ignacio 191
Aguirre A., Andrés Felipe 367
Albiol Pérez, Sergio 147, 167
Alcañiz, Mariano 147, 167
Alcantud, Francisco 307, 315, 323
Aleixandre-Benavent, Rafael 329
Alghazzawi, Daniyal M. 171, 365
Altalhi, Abdulrahman H. 245
Álvarez Rodríguez, Francisco J. 237
Aparicio, Andrés Francisco 79
Arciniegas, José L. 113
Ardaiz, Óscar 253
Augusto, Jorge 293
Baldassarri, Sandra 269, 337
Barros, Linda 345
Benghazi, Kawtar 207
Bia, Alejandro 351
Bossavit, Benoît 253
Botella, Federico 33, 133
Bourimi, Mohamed 229
Bravo, Crescencio 183, 215
Brunetti, Josep Maria 71
Caracuel, Alfonso 151
Carrillo, Antonio L. 363
Carro, Rosa M. 299
Cerezo, Eva 269, 337
Chapinal Cervantes, Jaime 261
Claros, Iván D. 241
Cobos, Ruth 241
Collazos, César A. 113, 367
Colomer, Carolina 147
Coret, Javier 307, 315, 323
Cortis, Keith 229
Creatura, Marco 337
Cuadrat Seix, Cira 95
Cuevas-Rodríguez, María 289
de la Guía, Elena 41
de la Rubia, Ernesto 285
Díaz-Estrella, Antonio 285
Díaz, Paloma 191
Díez, David 191
Falgueras, Juan 363
Fardoun, Habib Moussa 167, 171, 199, 245, 365
Fernández-Caballero, Antonio 133, 177
Fernández-López, Álvaro 151
Fernández-Luna, Juan M. 355
Fernández Valls, José A. 159
Fernández-Castro, Isabel 25

- Fuentes, José Alberto 177
- Gallardo, Jesús 183, 215
- Gallud, José Antonio 33, 49
- Gamalel-Din, Shehab A. 121
- Gámiz, Javier 333
- García Jiménez, Arturo 277
- García, Roberto 71
- Garrido, José Luis 105, 207
- Garrido, Juan E. 159
- Gil Gómez, José Antonio 147, 167
- Gil, Rosa 71, 337
- Gimeno, Juan Manuel 71
- G. García de Marina, Alberto 299
- González Sánchez, José Luis 71, 79, 87, 337
- González Villanueva, Pedro 49
- González, Pascual 63, 277
- González, Salvador 63
- Granollers, Toni 55, 311
- Guarinos, Ignacio 307
- Gutiérrez Vela, Francisco Luis 79, 87, 26
- Haya, Pablo 299
- Heupel, Marcel 229
- Hornos, Miguel J. 129
- Huete, Juan F. 355
- Hurtado, Diana J. 113
- Hurtado, María Visitación 151
- Isla Montes, José Luis 79
- Jiménez, Esteban 307, 315, 323
- Lazcorreta, Enrique 33, 133
- Lloréns, Roberto 147
- López Antonaya, Sergio 215
- López Arcos, José Rafael 87
- López Espín, José Juan 33
- López-Gil, Juan Miguel 25, 329
- López, Yolanda 337
- Losada, Begoña 25
- Loscertales, Antonio 337
- Lozano, María Dolores 41, 159
- Macías Iglesias, José Antonio 17
- Mahgoub, Salma 223
- Manresa-Yee, Cristina 333
- Marco, Javier 269
- Márquez, Sebastián 307, 315, 323
- Martínez Plasencia, Diego 277
- Martínez, Jonatan 277
- Martínez, Paloma 319
- Martínez, Santiago 363
- Marzo, Asier 253
- Mashat, Abdulfattah S. 199
- Masip, Llúcia 55
- Méndez A., Yenny A. 367
- Mendoza-González, Alfredo 237
- Mendoza-González, Ricardo 237
- Mínguez, Javier 337
- Molina-Tanco, Luis 289
- Molina, Ana Isabel 183
- Molina, José Pascual 277
- Molina, Rosa 361

- Montero, Francisco 63, 139
Moreno, Frank 307, 315, 323
Moreno, Lourdes 319
Muñoz Arteaga, Jaime 237
Nadeem, Farrukh 223
Narváez, Rocío 113
Navarro-Molina, Carolina 329
Navarro, Elena 139
Navarro, Francisco J. 139
Noguera, Manuel 105
Oadah, Mouath 171
Oliva, Marta 55
Olivas, Andrés 277
Oliver, Miguel 177
Olmedo, Héctor 293
Ormeño, Yeshica Isela 9
Ortigosa, Álvaro 345
Paderewski Rodríguez, Patricia 261
Padilla Zea, Natalia 87
Panach, José Ignacio 9
Pascual, Afra 311
Pastor, Óscar 9
Paules Ciprés, Antonio 171, 199, 365
Peñalver, Antonio 33
Pérez, Álex 333
Ponsa, Pere 333
Poyade, Mathieu 289
Reyes-Lecuona, Arcadio 289
Ribera, Mireia 311, 361
Rivera, Ismael 229
Rodríguez-Ávila, Humberto 355
Rodríguez-Cano, Julio C. 355
Rodríguez-Domínguez, Carlos 105, 151, 207
Rodríguez-Fórtiz, María José 105, 151
Rodríguez Soler, Juan José 95
Rodríguez, María Luisa 129
Rodríguez, Pilar 345
Romero López, Sebastián 245
Ruiz López, Tomás 105
Ruiz Penichet, Víctor Manuel 41, 159
Sandru, Samuel 129
Santiago-Ramajo, Sandra 151
Scerri, Simon 229
Scott-Brown, Ken 363
Sebastián, Gabriel 49
Sendín Veloso, Montserrat 95
Solano, Andrés F. 113
Tena, Sara 191
Tesoriero, Ricardo 49
Thiel, Simon 229
Urretavizcaya, Maite 25
Valderrama-Zurián, Juan Carlos 329
Valenzuela, Aurora 207
Vidal-Infer, Antonio 329
Vilanova, Ramon 333
Villareal F., Ángela P. 367

Proceedings of the 4th Mexican Conference on **Human-Computer Interaction**

International Conference on Human-Computer Interaction



2012, Mexico City, Mexico

Conference General Chair: Dr. Sergio Zepeda (UAM-C)
Conference Local Chair: Dr. Victor M. Gonzalez (ITAM)
Technical Program Chairs: Dr. Monica Tentori (CICESE)
Dr. Luis A. Castro (ITSON)

Sponsor(s): AMexIHC
*(Asociación Mexicana de
Interacción Humano-Computadora)*



**The Association for Computing Machinery
2 Penn Plaza, Suite 701
New York New York 10121-0701**

ACM COPYRIGHT NOTICE. Copyright © 2012 by the Association for Computing Machinery, Inc. Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers, or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Publications Dept., ACM, Inc., fax +1 (212) 869-0481, or permissions@acm.org.

For other copying of articles that carry a code at the bottom of the first or last page, copying is permitted provided that the per-copy fee indicated in the code is paid through the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, +1-978-750-8400, +1-978-750-4470 (fax).

Notice to Past Authors of ACM-Published Articles

ACM intends to create a complete electronic archive of all articles and/or other material previously published by ACM. If you have written a work that was previously published by ACM in any journal or conference proceedings prior to 1978, or any SIG Newsletter at any time, and you do NOT want this work to appear in the ACM Digital Library, please inform permissions@acm.org, stating the title of the work, the author(s), and where and when published.

ACM ISBN: 978-1-4503-1659-0

Foreword

MexIHC is a bi-annual conference promoting the gathering of researchers, professors, students, and practitioners in the field of Human-Computer Interaction, Interactive Systems, and Usability. The main objective is to support the exchange of scientific results, their application in industry, and experiences in the evaluation of systems. MexIHC covers topics such as interface design, workplace studies, education and training in HCI, game design, mobile devices, user centered design and information technologies for development.

Nearly two years after the last MexIHC, it is our pleasure to welcome you to the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction in Mexico City. On behalf of the entire organizing committee and all of the persons involved in making MexIHC 2012 happen, it is our great pleasure to welcome you to the vibrant capital of Mexico. Mexico City can be proud of being one of the most eclectic cities in the world in terms of people, food, architecture, history, and entertainment. We are sure that you will have a great time in this great city. We encourage you to explore it and its adventurous surroundings.

Due to the growing nature of the HCI community in Mexico, this year we expect to expand the Mexican HCI community creating new links to other communities in the world. This year, we have an engaging technical program due partly to the high-quality submissions we received and a world-class technical program committee. This year our international Program Committee, composed of 43 of the leading researchers in the field of HCI, evaluated 23 submissions - 12 full papers and 11 notes. Using a multi-phase review process each submission was reviewed by at least three members of the program committee. After an online discussion, 5 submissions were accepted and 7 submissions were chosen for further review and discussion for one week with 3 PC chairs meetings held over Skype. Each meeting had an average duration of one hour. In total, the Program Committee spent countless hours providing feedback to the authors through 73 reviews. After this rigorous process, 10 submissions were accepted and 2 were conditionally accepted. Finally, in our last final meeting 12 submissions, 6 full papers and 6 short papers, were accepted for publication in these proceedings, representing an overall acceptance rate of 52.17%, 10 of which were selected to appear in the ACM Digital Library according to reviewers' suggestions. We feel our selective review process has resulted in a high-quality set of published papers. We give many thanks to those who invested considerable time in reviewing, selecting, and suggesting the best works to be presented in MexIHC 2012. The Best Paper Award was decided by a sub-committee involving three members of the steering committee who, through a double-blind process, selected the best papers and runner-up from 0.5% of the submissions.

The technical program of this year mainly focuses on traditional topics around user experience, usability, and a variety of other works in visualization of information. However, the Mexican community has always been very keen to help serve the needs of the underserved (e.g., older adults, indigenous populations, children with autism and Down syndrome). Thus, we have a special needs users session, devoted to studies that have centered their attention in such groups. We feel that these types of works are fundamental and therefore we are very proud to have them this year.

Apart from the technical sessions involving full papers and notes, we have the always-fascinating student competition, two dazzling workshops, tens of colorful posters, and thrilling talks. We think it is fair to say that we are very excited to have Danyel Fisher from Microsoft Research

and Luis Francisco-Revilla from the University of Texas at Austin as our keynote speakers. This year is also special since we are coordinating some of the activities of MexIHC with Interacción 2012, organized by the sister HCI community in Spain (AIPO). With them we will be sharing some of the keynote talks so this means basically that it is a twofold delight, in the first joint conference between the two communities. In addition, we are also very happy since we are having an invited talk by Victor M. Gonzalez and Mario Moreno-Rocha who will be sharing with us some of the experience of Mexican researchers and practitioners at top-level ACM conferences in the area such as the Conference on Human Factors in Computing Systems, better known as CHI. Last but not least, the student competition will be a great opportunity for students to show what they are capable of. In the past, this has been an excellent showcase to grasp a quick glance at the future that lies ahead for our community.

All in all, the program seems promising and sensational. There will be tens of researchers, faculty members, and practitioners in the field. We highly encourage you to get together with others within our compact community. Get to know others through the informal meetings in the hallway, the hall room, at a local bar, or simply by having lunch together. After all, this is what truly helps strengthen the ties within a community. This is what our community needs.

Luis A. Castro and Monica Tentori

MexIHC 2012 Technical Program Co-chairs

About MexIHC

MexIHC is sponsored by the Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora (AMexIHC). The AMexIHC is an academic non-profit organization aimed at promoting scientific research and technological development in Human-computer Interaction in Mexico. The AMexIHC is closely linked to the Mexican ACM SIGCHI chapter (CHI-México) and the ICT Thematic Network (Red TIC) of the National Council for Science and Technology in Mexico (CONACYT).

MexIHC is Mexico's premier forum for researchers and practitioners to present advances in Human Computer Interaction. MexIHC 2012 is the fourth Conference on Human-Computer Interaction, organized by the Mexican ACM SIGCHI chapter (CHI-México) in a biennial format alternating with the Latin American Conference on Human-Computer Interaction (CLIHC). MexIHC aims to be a forum of networking and ideas exchange among students and researchers, faculty and practitioners, institutions and interest groups, students, and practitioners in the field of Human-Computer Interaction and Interactive Systems Usability, in order to support an exchange of scientific results, and their applications in industry.

This year, the event is jointly organized by the HCI community of Mexico and Spain, giving place to the 1st joint conference MexIHC/Interacción 2012 [<http://www.interaccionmexihc2012.org/>], which is mainly aimed at strengthening links between both communities. Conferences will take place simultaneously and maintaining their own identities. The Mexican Conference MexIHC 2012 will be held in the Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), Mexico City and the International Conference Interacción 2012 will be held in the Miguel Hernandez University of Elche, Spain.

MexIHC 2012 Organizing Committee

Conference General Chair

Sergio Zepeda, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa, México

Conference Local Chair

Víctor M. González, Instituto Tecnológico Autónomo de México, México

Technical Program Committee Chairs

Mónica Tentori, CICESE, México

Luis A. Castro, Instituto Tecnológico de Sonora, México

Poster Session Chair

Erick López, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa, México

Student Competition Chairs

Mario Moreno, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México

Francisco L. Gutiérrez, Universidad de Granada, Spain

Tutorial Chair

Lucila Mercado, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa, México

Publicity Liaison

Raymundo Cornejo, CICESE, México

Sponsor

Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora (AMexIC)

Steering Committee

Alfredo Sánchez, Universidad de las Américas Puebla, México.

Christian Sturm, Hewlett Packard, Spain

Eduardo H. Calvillo Gámez, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México

Mario Moreno, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México

Víctor M. González, Instituto Tecnológico Autónomo de México, México

Technical Program Committee Members

Alfredo Sánchez, Universidad de las Américas Puebla, México.
Antonella De Angeli, University of Trento, Italy
Aurora Vizcaíno Barceló, Universidad de Castilla-La Mancha, Spain
Benjamin Weyers, University of Duisburg-Essen, Germany
César Guerra, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México
Christian Sturm, Hewlett Packard, Spain
Clarisse de Souza, PUC-Rio, Brazil
Cuauhtémoc Rivera Loaiza, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
Dominic Furniss, UCL, United Kingdom
Edgar Cambranes, Universidad Autónoma de Yucatán, México
Eduardo H. Calvillo Gámez, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México
Elizabeth Furtado, UNIFOR, Brazil
Emanuel Munguía Tapia, Nokia Research, USA
Erick López Ornelas, Universidad Autónoma Metropolitana, México
Fatima Boujarwah, Kuwait University, Kuwait
Jaime Muñoz Arteaga, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México
Jair C. Leite, Universidad Federal de Rio Grande del Norte, Brazil
Jesús Favela, CICESE, México
Jorge Arroyo Palacios, Event Lab, Spain
Jose Creissac Campos, Universidade do Minho, Portugal
Juan Pablo Hourcade, University of Iowa, USA
Leonel Morales-Díaz, Universidad Rafael Landivar, Guatemala
Lucia Filgueiras, Escola Politécnica, University of Sao Paulo, Brazil
Marc Jansen, University of Applied Sciences Ruhr West, Germany
Marcela Christina Musgrove, University of Illinois, USA
Marcela D. Rodríguez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Mario Moreno, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México
Martha Sylvia del Rio, UDEM, México
Miguel Ángel García Ruiz, Algoma University, Canada
Oscar de Bruijn, University of Manchester, United Kingdom
Oscar Mayora Ibarra, CREATE-NET, Italy
Oscar Murillo, Microsoft, USA
Pedro Santana, Universidad de Colima, México
Ramon Palacio, Instituto Tecnológico de Sonora, México
Raul Antonio Aguilar Vera, Universidad Autónoma de Yucatán, México
Ricardo Sosa, Singapore University of Technology & Design, Singapore

Rocío Abascal Mena, Universidad Autónoma Metropolitana, México

Rosa Arriaga, Georgia Institute of Technology, USA

Valeria Herskovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

Additional sub-reviewers

Antonio Nestor Ribeiro, Universidade do Minho, Portugal

Jose Zagal, DePaul University, USA

Lizbeth Escobedo Bravo, Universidad Autónoma de Baja California, México

MexIHC 2012 Proceedings Table of Contents

Full & Short Paper Sessions



This symbol identifies a best paper award winner.



This symbol identifies a best paper nominee.

Interface Design and Usability

Oct 3, 2012 4:00 PM

Session Chair: Alfredo Sanchez, Universidad de las Americas Puebla, Mexico



The Effect of Website Interactivity and Repeated Exposure on User Experience

Ons Al-Shamaileh, The University of Manchester, UK

Alistair Sutcliffe, The University of Manchester, UK

Modeling and Characterizing User Interfaces at the Electronic Visualization Laboratory

Leonel Morales-Diaz, Universidad Francisco Marroquin, Guatemala

TuTur: Immersive User Experience of Tourist Visits in Virtualized Worlds

Victor M. Gonzalez, Instituto Tecnologico Autonomo de Mexico, Mexico

Francisco Torres, Instituto Tecnologico Autonomo de Mexico, Mexico

Special Needs Users

Oct 4, 2012 1:00 PM

Session Chair: Ramon Palacio, Instituto Tecnologico de Sonora, Mexico

A User Experience View for Rehabilitation Systems

Ricardo Cruz-Mendoza, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico

Pablo Romero, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico

Luis A. Pineda, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico

Developing Reading and Writing Skills in Children with Down Syndrome through Tangible Interfaces

Barbara P. Muro-Haro, University of Colima, Mexico

Pedro C. Santana, University of Colima, Mexico

Martha A. Magaña, University of Colima, Mexico

♥ **Methodology for the Development of Vocal User Interfaces**

David Cespedes-Hernandez, Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Mexico

Juan Gonzalez-Calleros, Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Mexico

Josefina Guerrero-Garcia, Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Mexico

Jean Vanderdonckt, Universite catholique de Louvain, Belgium

Liliana Rodriguez-Vizzuett, Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Mexico

Visualization and Games Experiences

Oct 5, 2012 1:00 PM

Session Chair: Marcela D. Rodriguez, Universidad Autonoma de Baja California, Mexico

Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Ramon R. Palacio, Instituto Tecnologico de Sonora, Mexico

Christian O. Acosta, Instituto Tecnologico de Sonora, Mexico

Alberto L. Moran, Universidad Autonoma de Baja California, Mexico

Joaquin Cortez, Instituto Tecnologico de Sonora, Mexico

Familiarity of Challenges and Optimal Experience in Movement Interaction Games

Javier Rodrigo Diaz Espinosa, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico

Pablo Romero, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico

Towards a Taxonomy of Factors Implicated in Children-Elderly Interaction When Using Entertainment Technology

Ana I. Grimaldo-Martinez, Universidad Autonoma de Baja California, Mexico

Alberto L. Moran, Universidad Autonoma de Baja California, Mexico

Eduardo H. Calvillo-Gamez, Universidad Politecnica de San Luis Potosi, Mexico

Visualization of records classified with the 1998 ACM CCS

Maria Auxilio Medina, Universidad Politecnica de Puebla, Mexico

Alfredo Sanchez, Universidad de las Americas Puebla, Mexico

Jorge de la Calleja, Universidad Politecnica de Puebla, Mexico

Antonio Benitez, Universidad Politecnica de Puebla, Mexico

The Effect of Website Interactivity and Repeated Exposure on User Experience

Ons Al-Shamaileh

Manchester Business School
University of Manchester
UK

Alshamaileh.ons@gmail.com

Alistair Sutcliffe

Manchester Business School
University of Manchester
UK

Alistair.Sutcliffe@mbs.ac.uk

ABSTRACT

This paper reports an experiment on the effect of website design and repeated exposures on users' overall preferences. Thirty respondents viewed three websites for three times with a two weeks gap between each visit. Respondents viewed a basic website with very limited interactivity, an interactive website with customization features, and a very interactive website with a virtual agent. Aesthetics, usability, service quality, pleasurable interaction, content and overall judgment were assessed through questionnaires. Interviews were conducted to support questionnaire results. Results showed that respondents were more positive to the websites with higher interactivity and the preference to the more interactive site increased over time.

General Terms

Design

Keywords

User experience, website interactivity, repeated exposure

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: Interaction styles

1. INTRODUCTION

Practical and academic studies have developed frameworks for addressing user experience by applying two research approaches; qualitative approach that has understood the meaning of experience in context [13], and the quantitative approach which has developed metrics to measure user

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00

experience [6,8,15]. Several factors such as Aesthetics [11], user characteristics (culture) [1], emotions [15, 17] and user expectations [12] have been researched to study user experience. However, the influence of website interactivity received little attention.

Conventional usability literature concentrated on first-time user experiences with interactive systems [2]; in addition, most of the existing user experience evaluation methods focus on a single behavioral experience and momentary evaluations [20]. Although time is considered to be an important factor influencing user experience [2, 10]; very few studies have been conducted to show how user experience evolves over time [10].

This paper investigates the effect of website interactivity and repeated exposures on user experience. The next sections include a review of related research, and then the study methods are described. This is followed by the results of each exposure in three parts: quantitative data, website overall preferences, and analysis of the qualitative interview data. The paper concludes with a summary of the results and a brief discussion.

2. RELATED RESEARCH

Interactivity has been shown to be a critical factor in product evaluation and can be linked to pragmatic and hedonic criteria that influence users' overall preferences [5]. [3] showed that perceived website interactivity can be related to e-commerce website criteria such as efficiency, enjoyment, trust and loyalty, in addition, [16] considered users' interactive experience as one of the e-shopping motivations but the relation between interactive features and users' preferences remains vague since the interactive features were not experimentally manipulated. However, [19] found a significant effect of higher interactivity on user satisfaction, value and overall attitude in an e-commerce shopping application by experimentally manipulating interactivity with several features such as chat and feedback forms. [18] showed that interactive metaphors positively affect users' judgment of website design, satisfaction and engagement; in addition, they found that interaction may have positive effect on users' perception of content.

Time has also been shown to be an important factor influencing user experience. However, most of user experience evaluation methods were based on a single experience where only 36% of user experience evaluation methods were based on long term experiences [20]. In their longitudinal study over 8 weeks of monitoring middle-school teachers whilst they created websites, [14] discovered that the reasons of users' dissatisfaction noticeably varied over time. In addition, [9] found that goodness determinants change over time; showing that pragmatic attributes strongly affected goodness evaluation in the first experiences of using a pointing device where identification showed to have the strong effect after 4 weeks of using the product.

3. STUDY DESIGN

The study consisted of thirty respondents; twelve were males and eighteen females, twenty seven were post graduate students and three employees. Twelve respondents were aged 18-25, sixteen aged 26-35, one aged 36-45 and one was older. Participants were recruited through advertising the study on the University of Manchester portal. Respondents were asked to participate in this study for three times with a two weeks gap between each visit. Respondents were asked to fill a pre test questionnaire consisting of demographic information and a brand awareness question. Respondents had to perform a task on each of the three websites, and the task was identical in the three visits. The site order was identical for the same individual but it was counter balanced across individuals.

After performing the task; respondents were asked to evaluate each website using a post test questionnaire consisting of six scales: expressive aesthetics, usability, pleasurable interaction, service quality [11], content scale adapted from Bernier Instructional Design [4] and overall judgment. Respondents were then asked to rank the websites according to their overall preference and persuasiveness. Finally participants were interviewed to elicit their opinions on each website.

The three websites used in the study were commercial websites from different domains and were hosted in the UK. The websites are IKEA, NIKE and ALDI, see fig (1-3).

IKEA is an interactive website that sells ready-to-assemble home products and furniture such as beds, kitchens and home accessories. Respondents were directed to view certain pages of the website, they were then asked to interact with the virtual agent. Nike is an interactive website that sells sportswear products such as training suits, shoes and sport equipment; the website provides the option of customizing sport products according to customers' preferences. Respondents were directed to view certain pages of the website, they were then asked to customize their trainer according to their preference. ALDI is a standard website with minimal interactive features used for grocery shopping; it is famous for its low prices products and bargains. Respondents were directed to view certain

pages of the website, they were then asked to add products to the shopping list.

This study investigated the effect of website interactivity on users' overall judgment which motivated the choice of the three websites; where ALDI is a website with very limited interactive features, NIKE is an interactive website with customization features and IKEA is a very interactive website that contains variety of interactive features and a virtual agent. The three websites are e-commerce websites from different domains. After extensive online search, no sites with different interactivity levels from the same domain were found.

Interactivity should be exciting and more arousing thus it is expected that users will prefer more interactive websites and their preference for interactive websites will be stronger over the visits. Therefore it is expected that IKEA will be the most preferred followed by NIKE and then ALDI, in addition, it is expected that IKEA evaluation will be more positive over time.

The following hypotheses were tested in this study:

H1 website interactivity will have a strong influence on respondents' preferences.

H1.a respondents' will prefer the website with more interactive features

H1.b respondents will least prefer the websites with less/no interactive features.

H2 preference for interactive sites will be stronger over the repeated visits.

The three website brands were familiar to respondents. Respondents were asked to indicate their awareness of each brand on a scale from 1 to 7. Repeated measures ANOVAs were conducted to analyze the differences in respondents brand awareness between IKEA, NIKE and ALDI. Results showed that there was no significant difference for brand awareness between the three websites therefore, it is expected that brand will not influence respondents' judgments.

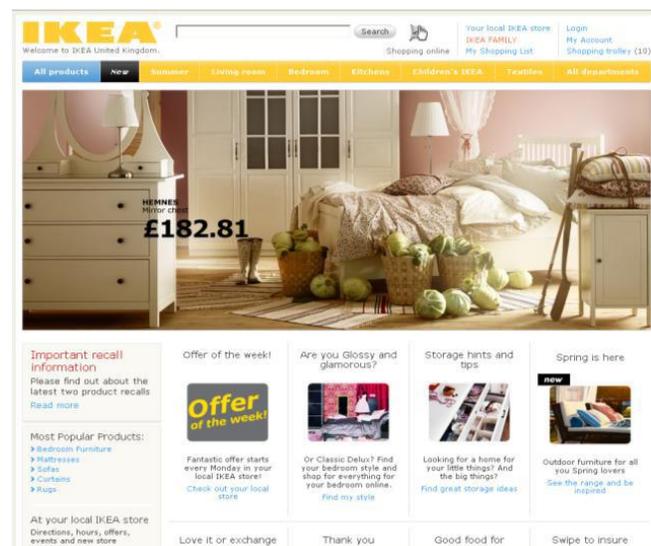


Figure 1: IKEA homepage



Figure 2: NIKE homepage



Figure 3: ALDI homepage

4. RESULTS

4.1 Questionnaire results

Cronbach alphas were calculated to explore the internal consistency of the questionnaire scales. Cronbach alpha values ranged from 0.86- to 0.98 for all scales, the aggregate averages for all scales were used in subsequent statistical tests.

4.1.1 Visit 1

Repeated measures ANOVAs were conducted to analyze the inter-site differences between IKEA, ALDI and NIKE on the first visit. UX indexes (aggregate averages on all the questions of each scale) were entered as dependent variables. The analysis returned significant results on aesthetics $F(2, 58) = 13.95, p < 0.001, \eta^2 = .33$, pleasurable interaction $F(2, 58) = 8.14, p < 0.01, \eta^2 = .22$, content $F(2, 58) = 3.32, p < 0.05, \eta^2 = .10$ and

overall judgment $F(2, 58) = 8.71, p < 0.001, \eta^2 = .23$. Inspection of the mean values indicated that the significant results were due to the poor evaluation of ALDI website. Post hoc results showed that the significant differences were between IKEA- ALDI, and NIKE – ALDI apart from content where the difference was between NIKE and ALDI. No significant differences were found in usability and service quality between the three websites, see table 1.

Table 1: Descriptive statistics: first visit

Criterion	IKEA		ALDI		NIKE	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Aesthetics	5.23	1.31	3.69	1.60	5.50	1.36
Usability	5.76	1.12	5.38	1.44	5.56	1.39
Pleasure	5.37	1.31	4.22	1.61	5.48	1.22
Service quality	5.41	1.13	5.22	1.17	5.52	1.11
Content	5.52	1.04	5.16	1.22	5.78	.97
Overall judgment	5.77	1.11	4.64	1.49	5.61	1.04

4.1.2 Visit 2

Repeated measures ANOVAs analysis returned significant results on aesthetics $F(2, 58) = 16.42, p < 0.001, \eta^2 = .36$, pleasurable interaction $F(2, 58) = 9.45, p < 0.001, \eta^2 = .25$, service quality $F(2, 58) = 3.41, p < 0.05, \eta^2 = .11$, content $F(2, 58) = 3.25, p < 0.05, \eta^2 = .10$ and overall judgment $F(2, 58) = 8.30, p < 0.01, \eta^2 = .22$. Inspection of the mean values indicated that the significant results were due to the poor evaluation of ALDI website. Post hoc results showed that the significant difference was between IKEA- ALDI, and NIKE – ALDI apart from service quality and content where the difference was between only NIKE and ALDI. No significant difference was found in usability between the three websites, see table 2.

4.1.3 Visit 3

Repeated measures ANOVAs analysis returned significant results on aesthetics $F(1.75, 50.64) = 31.75, p < 0.001, \eta^2 = .52$, pleasurable interaction $F(2, 58) = 9.53, p < 0.001, \eta^2 = .25$, service quality $F(2, 58) = 4.62, p < 0.05, \eta^2 = .14$, content $F(2, 58) = 4.01, p < 0.05, \eta^2 = .12$ and overall judgment $F(2, 58) = 9.3, p < 0.001, \eta^2 = .24$. Inspection of the mean values indicated that the significant results were due to the poor evaluation of ALDI website. Post hoc results showed that the significant difference was between IKEA- ALDI, and NIKE – ALDI for aesthetics

and pleasurable interaction while the significant difference in service quality, content and overall judgment was only between IKEA and ALDI where more positive evaluations were given to IKEA. No significant difference was found in the usability between the three websites, see table 3.

Table 2: Descriptive statistics: Second visit

Criterion	IKEA		ALDI		NIKE	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Aesthetics	5.55	1.38	3.77	1.54	5.36	1.32
Usability	5.55	1.36	5.37	1.21	5.19	1.20
Pleasure	5.31	1.38	4.28	1.41	5.56	1.13
Service quality	5.61	1.11	5.20	0.99	5.69	0.85
Content	5.63	1.01	5.27	1.00	5.77	0.80
Overall judgment	5.80	1.30	4.67	1.34	5.61	0.94

Table 3: Descriptive statistics: third visit

Criterion	IKEA		ALDI		NIKE	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Aesthetics	5.77	1.27	3.63	1.35	5.67	1.30
Usability	5.77	1.27	5.61	1.05	5.33	1.37
Pleasure	5.69	1.20	4.20	1.49	5.30	1.61
Service quality	5.68	1.15	5.06	1.35	5.47	1.32
Content	5.89	.92	5.31	1.22	5.78	1.02
Overall judgment	5.97	.96	4.67	1.66	5.51	1.35

After repeated exposures IKEA scored higher than NIKE on all measures, whereas on the initial exposure NIKE was ranked first on 4 out of 6 measures.

Repeated measures ANOVAs were conducted to investigate the effect of repeated visits on user judgment within each site. UX indexes (aggregate averages on all the questions of each scale) were entered as dependent variables. The analysis returned significant results on two scales for the IKEA website only. Aesthetics $F(1.77, 51.28) = 5.3, p < .05, \eta^2 = .16$ and content $F(1.71, 49.57) = 4.56, p < .05,$

$\eta^2 = .14$) where IKEA's aesthetics and content were evaluated more positively over time, while no significant effect was shown for repeated visits on NIKE and ALDI websites.

4.2 Preference and persuasiveness

Respondents were asked to rank the websites according to their overall preference and persuasiveness. The frequency of the first rank score was multiplied by 0.5, the second rank by 0.3 and the third rank by 0.2 then the weighted scores were summed. The ranks were multiplied to indicate the relative importance and impact of each rank where higher positions were multiplied by higher weights.

On the first visit, IKEA was ranked first for the overall preference, followed by NIKE and then ALDI; while NIKE was ranked first followed by IKEA and ALDI in terms of persuasiveness, see table 4.

On the second visit, IKEA was ranked first for the overall preference, followed by NIKE and then ALDI; in addition, IKEA was ranked first followed by Nike and ALDI in terms of persuasiveness, see table 4.

On the third visit, IKEA was ranked first for the overall preference, followed by NIKE and then ALDI; in addition, IKEA was ranked first followed by Nike and ALDI in terms of persuasiveness. Respondents had a consistent preference over the three visits where IKEA was ranked first followed by NIKE and ALDI, in addition, respondents were consistent in their evaluation of persuasiveness in the second the third visit were IKEA was positioned at the top followed by NIKE then ALDI, see table 4.

Table 4: website weighted overall preference & persuasiveness
Higher scores denote higher overall preference

Website visit	IKEA		NIKE		ALDI	
	Pref.	Pers.	Pref.	Pers.	Pref.	Pers.
1 st Visit	11.7	11	10.1	11.1	8.2	7.9
2 nd Visit	11.8	12.2	10.6	9.9	7.6	7.9
3 rd Visit	12.3	12.6	10.1	9.2	7.1	8.2

4.3 Interviews Results

Interviews were analyzed by coding and aggregating features relating to design and qualities related to the questionnaire scales. The coding scheme involved main and sub categories; the main categories involved aesthetics, website design, usability, pleasurable interaction, website quality, content, website identity, overall impression and website features. The categories were derived from participant responses.

4.3.1 First visit

Website design, features and aesthetics were most frequently mentioned by respondents for IKEA’s first visit. Respondents were fairly positive about the IKEA website. The most positive categories were content 100% positive comments: P-28 “I think it is very informative about its products”, overall judgment 96% positive comments, P-16 “Everything is fine about it, there is nothing I don’t like” and design 83% positive comments, P-25 “The website design was quite good”. The categories which received fewer positive comments were website features 58% positive comments and usability 64% positive comments. 90% of the total usability negative comments were related to difficulty in finding the virtual agent, P-5 “it is just difficult for me to find Ask Anna”. Based on criteria net valency (Number of positive comments – Number of negatives, discarding neutral scores) IKEA was rated best on the first visit which supported respondents’ overall preferences, see table 5.

Website design, aesthetics and overall judgment were the most frequent features mentioned by respondents for NIKE’s first visit, see table 5. The best categories were overall judgment 97% positive comments P-25 “It is really amazing. It is really fascinating”, design 81% positive comments, P-17 “I like the design” and website features 73% positive comments P-4 “It is amazing how much things you can basically modify in a shoe and how flexible those guys can be about configuring a shoe and the way they attach you somehow to this product”. The worst category for NIKE was service quality where 100% of total comments related to response time were negative P-27 “It takes time to load from one page to the other”.

Aesthetics, design and usability were the most frequent features mentioned by respondents for ALDI’s first visit, see table 5. The best categories were overall judgment 83% positive comments, P-5 “I like it” and content 76% positive comments P-27 “I like is the special buys thing which gives information about the reduced price stuff”. The worst categories were website design 60% negative comments P-11 “I do not like the design” and usability 47% negative comments P-15 “I do not think it is very user friendly and it makes me feel impatient”.

Based on criteria net valency (Number of positive comments – Number of negatives, discarding neutral scores) ALDI was rated the worst on the first visit which supported respondents’ overall preferences, see table 5.

4.3.2 Second visit

Website features, design and aesthetics were the most frequent categories mentioned by respondents for IKEA and NIKE on the second visit, see table 6.

Respondents overall impression towards IKEA was positive where 100% of total overall impression comments were positive, website design was rated positively where 85% of

total design comments were positive: P-4 “I found out this website is really interactive, I have just tried lighting thing switching between different light levels in the bathroom, the bedroom, and living room, it gives you a real hint or view how the things would look like”. 82% of total content comments were positive P-23 “It is elaborative enough and some information being explained and shown. So the information is clear”. Based on criteria net valency (Number of positive comments – Number of negatives, discarding neutral scores) IKEA was rated best on the second visit which supported respondents’ overall preferences, see table 6.

Table 5: % of feature-related comments and net valency -First visit-

Criterion	IKEA		NIKE		ALDI	
	%	NV	%	NV	%	NV
Aesthetics	18%	9	19%	7	25%	4
Design	23%	24	22%	23	24%	-7
Usability	9%	4	14%	7	18%	2
Serv. Qual	1%	-1	1%	-5	1%	-1
Content	9%	15	9%	5	16%	13
Brand	1%	2	1%	1	1%	-1
Overall. J	16%	24	18%	29	12%	15
Website features	22%	6	14%	11	2%	2
Enjoyment	1%	1	2%	3	1%	1
Total	100	84	100	81	100	28

Respondents were positive about NIKE content where 81% of total content comments were positive: P-28 “I think it is very interesting in terms of its content”, website design where 80% of total design comments were positive P-17 “the website design is a really nice “. Respondents were negative about NIKE speed where 89% of total speed comments were negative P-8 “website took so much time to load while you click on anything, it is quite slow”.

Aesthetics, design and content were mentioned most frequently by respondents for ALDI on the second visit. Respondents were positive about overall judgment 75% positive comments P-20 “I think it is the best; there is nothing I don’t like” and content 74% of total content comments were positive. The worst categories were aesthetics where 49% of total aesthetics comments were negative P-23 “The colors are bit dull” and website design 49% negative comments, P-27 “I will prefer it to be interactive. It doesn’t add a lot”. Based on criteria net valency (Number of positive comments – Number of negatives, discarding neutral scores) ALDI was rated worst

on the second visit which supported the respondents' overall preferences, see table 6.

Table 6: % of feature-related comments and net valency - Second visit-

Criterion	IKEA		NIKE		ALDI	
	%	NV	%	NV	%	NV
Aesthetics	23%	22	29%	10	31%	1
Design	26%	34	21%	22	28%	1
Usability	13%	9	15%	3	15%	7
Serv. Qual	.5%	2	5%	-7	0%	0
Content	9%	11	7%	8	20%	15
Brand	.5%	1	1%	1	0%	0
Overall judgment	4%	8	2%	4	2.5%	2
Website features	24%	7	20%	20	2.5%	0
Enjoyment	0%	0	0%	0	1%	1
Total	100	94	100	61	100	27

4.3.3 Third visit

Website features, design, aesthetics and usability were most frequently mentioned by respondents for IKEA on the third visit, see table 7. Respondents were fairly positive about IKEA website which is consistent with the first two visits.

Respondents were positive about IKEA brand where 100% of total brand comments were positive P-15 "IKEA is a very reliable brand so it brings to you the good quality and good price", design 90% total positive comments P-7 "it is well designed", and aesthetics 81% positive comments P-29 "The color scheme is very easy to look at". Based on criteria net valency (Number of positive comments – Number of negatives, discarding neutral scores) IKEA was rated best on the third visit which supported respondents' overall preferences, see table 7.

Design, usability and aesthetics were the most frequent features mentioned by respondents for NIKE on the third visit, see table 7. Respondents were positive about NIKE features where 100% of total features comments were positive P-19 "that is most thing that I like about the Nike website that we can customize everything up to the shoelace and we can even have initials, names, any kind of words written on that and it is very personalized gift", brand 100% total brand comments were positive and brand where 100% of total brand comments were positive P-21 "the brand itself makes me more interested in the design". The worst category was service quality where 82% of total comments related to website response time were negative P-16 "it was very slow".

Usability, design and content were most frequently mentioned by respondents for ALDI on the third visit, see

table 7. Respondents were least positive about ALDI which is consistent with the first two visits. The best categories were content where 64% of total content comments were positive P-24 "I quite like the content" and usability where 64% of total usability comments were positive P-9 "It is very easy to use". The worst categories were aesthetics where 61% of total aesthetics comments were negative P-23 "I still think their color is still a bit too dull" and overall judgment where 55% of total overall judgment comments were negative P-16 "nothing very special about it", see table 7.

Table 7: % of feature-related comments and net valency - Third visit-

Criterion	IKEA		NIKE		ALDI	
	%	NV	%	NV	%	NV
Aesthetics	15%	14	15%	7	12%	-4
Design	20%	24	21%	20	22%	2
Usability	15%	12	18%	4	30%	12
Serv. Qual	0%	0	13%	-11	1%	2
Content	10%	9	11%	11	19%	8
Brand	3%	5	4%	5	2%	1
Overall judgment	10%	13	5%	6	8%	-1
Website features	26%	13	12%	16	5%	4
Enjoyment	1%	2	1%	1	1%	-1
Total	100	92	100	59	100	23

Respondents who chose IKEA as their overall preference were explicitly asked about the reasons choosing IKEA. The reasons fell into four categories; 53% of respondents whom IKEA was their first choice mentioned that the reason was due to IKEA interactive features P-21 "it is Interactive", 27% for content P-24 "I like the content of it", 10% brand P-3 "it is a brand I will keep using it has never disappointed me in any way" and 10% usability P-27 "it is easy to navigate".

Respondents who chose NIKE as their overall preference were explicitly asked about the reasons choosing NIKE. The reasons fell into three categories; 67% of respondents whom NIKE was their first choice mentioned that the reason was due to NIKE interactive features P-11 "It is very interactive and I can modify the products", 22% for content P-13 "the information is quite useful" and 11% for the brand P-26 "it's the brand".

Respondents' comments regarding website interactive features for both IKEA and NIKE were further analyzed to investigate the influence of a particular interactive feature on users' judgment. Comments that relate to IKEA interactive features were divided into two categories; virtual agent and other interactive features (i.e. interactive zoom,

lighting change), in addition, comments that relate to NIKE interactive features were divided into two categories; customization and other features (i.e. interactive zoom and product view). The respondents were more positive towards IKEA’s other interactive features than the agent; while they were more positive to NIKE customization feature than NIKE other features. Respondents also noted that the variety of IKEA interactive features exceeded NIKE interactive features.

IKEA was the most preferred website in the three visits, where the top criterion for IKEA was the interactive design. IKEA preference weighted score was increasing over the visits while NIKE and ALDI’s scores decreased by the third visit, see table 8. Respondents least preferred ALDI for its least interactive design compared to IKEA and NIKE.

Table 8: Results Summary

		Visit 1	Visit 2	Visit 3
IKEA	RANK	1	1	1
	Top criteria	Design Over. Jud. content	Design Aesthetics Content	Design Aesthetics Features/overall
	Weighted score	11.7	11.8	12.3
NIKE	RANK	2	2	2
	TOP criteria	Over. Jud. Design Features	Design Features aesthetics	Design Features Content
	Weighted score	10.1	10.6	10.1
ALDI	RANK	3	3	3
	Top criteria	Over. Jud. Content Aesthetics	Content Usability Overall judg.	Usability Content features
	Weighted score	8.2	7.6	7.1

5. DISCUSSION

The results demonstrated that website interactivity has a strong effect on users overall preferences. Respondents were more positive to the websites with more interactivity (i.e. IKEA and NIKE over ALDI) which agrees with [18] who showed that interactive metaphors positively affect users’ judgment and users’ engagement. This confirms the hypothesis that respondents will prefer interactive over less/non interactive ones.

Qualitative results and respondents overall preferences agreed with quantitative results on inter-site differences where ALDI was considered to be less favored than IKEA and NIKE.

Respondents overall preferences were fairly consistent where IKEA was their first preferred website followed by NIKE and then ALDI; repeated exposures ‘widened the gap’ in preference scores between IKEA and NIKE. Since there were no differences between the brands before the experiment we argue that the increasing preference for IKEA was influenced by its interactive features. However, another reason for NIKE’s second place was probably response time where respondents thought that the website was slower over the visits. This demonstrates the tradeoff between usability and interactivity which we argue contributes strongly to user experience; whereas usability is neutral if it is good enough, it may negatively influence overall preference if problems occur [4, 18].

Quantitative results showed that there was a significant difference between the three visits evaluating IKEA’s content and aesthetics where these criteria were evaluated more positively over time. Qualitative results also showed that the gap between IKEA and NIKE was widened over the visits because of the variety of the interactive features available in IKEA compared to NIKE which supports [9, 14] who showed that time has an influence on users’ evaluations.

Though content had an important influence on users’ overall judgment, respondents tend to comment positively on ALDI’s content but they considered it and their least preferred website because of its low interactivity level which agrees with [5] who showed that interactivity is a critical factor in product evaluation that can influence users’ overall preferences.

Our results support the findings [3, 19] that interactive features are an important influence on user preference in web sites and other applications. This has also been demonstrated in an experimental comparison of interactivity levels in games applications [7] who showed that presence and flow were important factors in user experience.

This study was conducted on live web sites which has the disadvantage that many variables were not controlled, although it does have the advantage in ecological validity since real designs were being tested. Our participants may have been less interested in one of the web sites or their brand awareness may have biased their judgment; however, the pre test questionnaires did not show such pre-existing biases. In our future studies we will compare interactivity in an experimental setting to assess which classes of features have more positive influences on user experience, in

addition a wider time gap between each visit may be considered in our future research.

6. REFERENCES

- [1] Arhippainen, L. and Tähti, M. 2003. Empirical evaluation of user experience in two adaptive mobile application prototypes. Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. Norrköping, Sweden.
- [2] Courage, C., Jain, J. and Rosenbaum, S. 2009. Best practices in longitudinal research. *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems: Extended Abstracts*. New York: ACM Press. 4791-4794.
- [3] Cyr, D., Head, M. and Ivanov, A. 2009. Perceived interactivity leading to e-loyalty: development of a model for cognitive-affective user responses. *International Journal of Human-Computer Studies*, 67, 850-869.
- [4] De Angeli, A., Sutcliffe, A.G. and Hartmann, J. 2006. Interaction, usability and aesthetics: what influences users' preferences? DIS-2006: Proceedings of the 6th Conference on Designing Interactive Systems. ACM Press, New York. 271-280.
- [5] Diefenbach, S. and Hassenzahl, M. 2011. The dilemma of the hedonic: appreciated, but hard to justify. *Interacting with Computers*, 23, 461-472.
- [6] Hassenzahl, M. 2003. The thing and I: understanding the relationship between user and product. In: B. Mark, A. Monk and P. Wright, eds. *Funology: from usability to enjoyment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 31-42.
- [7] Jennett, C., Cox, A.L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T. and Walton, A. 2008. Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human Computer Studies*, 66(9), 641-661.
- [8] Jordan, P.W. 2000. *Designing pleasurable products: an introduction to the new human factors*. London: Taylor & Francis.
- [9] Karapanos, E., Hassenzahl, M. and Martens, J.-B. 2008. User experience over time. In: CHI-08 Extended Abstracts. New York: ACM Press. 3561-3566.
- [10] Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J. and Martens, J.-B. 2009. User experience over time: an initial framework. In: CHI-09 Proceedings. New York: ACM Press. 729-738.
- [11] Lavie, T. and Tractinsky, N. 2004. Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60(3), 269-298.
- [12] Mäkelä, A. and Fulton Suri, J. 2001. Supporting users' creativity: design to induce pleasurable experiences. Proceedings of the International Conference on Affective Human Factors Design. 387-394.
- [13] McCarthy, J. and Wright, P. 2005. *Technology as experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [14] Mendosa, V. and Novick, D.G. 2005. Usability over time. ACM 23rd International Conference on Computer Documentation. New York: ACM Press. 151-158.
- [15] Norman, D. 2004. *Emotional design: why we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books.
- [16] O'Brien, H.L. 2010. The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: the case of online shopping experiences. *Interacting with Computers*, 22, 344-352.
- [17] Picard, R.W. 1997. *Affective computing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [18] Sutcliffe, A.G. and De Angeli, A. 2005. Assessing interaction styles in web user interfaces. In: M.F. Costabile and F. Paterno, eds. *Proceedings Human Computer Interaction: Interact 2005*. Rome. Berlin: Springer-Verlag. 405-417.
- [19] Teo, H.-H., Oh, L.-B., Liu, C. and Wei, K.-K. 2003. An empirical study of the effects of interactivity on web user attitude. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 281-305.
- [20] Vermeeren, A., Lai-Chong Law, E., Roto, V., Obrist, M. et al. 2010. User experience evaluation methods: current state and development needs. Proceedings of the NordiCHI Conference.

Modeling and Characterizing User Interfaces at the Electronic Visualization Laboratory

Leonel Morales Díaz
Universidad Francisco Marroquín
6ta Calle Final, Zona 10
Guatemala, Guatemala 01010
(+502) 2338-7700
litomd@ufm.edu

ABSTRACT

User interfaces from dissimilar systems and applications are not usually analyzed or studied together or even in the same context unless the most generic possible method is meant to be applied and a model with high level of abstraction is sought for. In this study several interactive systems were analyzed and characterized at the user interface level in order to gain knowledge about the abstract model lying underneath and the type of modifications or innovations the yielded model would suggest. The possibility of porting and mixing the features of different user interfaces for exploring creative solutions was also considered. The study was conducted at the Electronic Visualization Laboratory in the University of Illinois at Chicago.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: Theory and methods; D.4.7 [Organization and Design]: Interactive Systems.

General Terms

Human Factors; Design; Documentation.

Keywords

User interfaces; interaction; models; design; Electronic Visualization Laboratory; modeling dimensions.

1. INTRODUCTION

The user interface is the place where most human-computer interaction occurs. It can be argued that an important portion of the success of an interactive system in terms of usability and satisfactory user experience comes from its user interface. Also research has shown that user interfaces account for an important portion of the work of development in a project for software or for interactive devices [14]. Its importance to end users and to developers is then unquestionable.

In this study several user interfaces were analyzed but not primarily in relation to usability, user experience, development approach, interaction techniques or implementation technology.

Our intention was to apply a general methodology based on an abstract model of user interfaces and compose a characterization

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10 ...\$15.00.

that is independent from the technology used to build them.

User interfaces are considered here as structured artifacts that enable interactions between systems and users. Their structure is characterized using a general model that concentrates in their functionality rather than in how efficiently, user friendly, or learnable that functionality is delivered. In doing so it was important to establish if when abstracted from implementation and technology, and the assessment of usability is left out, relevant structures lying underneath user interfaces become apparent and a new possibility of comparison among them arises.

This paper is organized as follows. Section 2 reviews previous and related works, section 3 introduces the methodology used in this study and how it differs from other views, section 4 examines the motives and goals pursued, section 5 goes into deeper detail on the methodology and the variations of it introduced here, section 6 presents the results obtained for the user interface of the Rain Table system, section 7 reflects on the usefulness of the results obtained and the methodology in general, and finally section 8 presents the conclusions of the study.

2. RELATED WORKS

Other abstract and generalized approaches have been attempted previously specially in the works of Jesse James Garret [3] who emphasizes the production of satisfactory user experiences first in web sites and later in any type of interaction, Thomas R. G. Green [4] who described the cognitive dimensions that function as principles for design and evaluation of interactive systems, Jakob Nielsen [16] who enunciated ten usability heuristics of general application in the design and evaluation of interactive systems.

Jeffrey Nichols and Brad A. Myers [15] spent six years designing a formal language that describes user interfaces based on the functionality of the appliances they intend to control. Those descriptions can be used to automatically generate user interfaces in handheld computers, mobile phones, or desktop computers for the same appliance.

Christian Krushitz and Martin Hitz [6] have proposed a framework to formalize and unify design patterns used in interactive systems, it is called eXtended Pattern Language Markup Language or XPLML and in their own words, "XPLML fills the gap between the prose form of HCI patterns and software applications."

Concept-based Analysis of Surface and Structural Misfits [1] – CASSM – is an evaluation method that focuses on the fitness of a system for a purpose. It is intended to evaluate the quality of "fit" between users and an interactive system at the conceptual model realm. For every concept, a CASSM analyst determines whether it is present, difficult or absent for the user, at the interface and in the underlying system. In the analysis process a series of concepts

are identified that are relevant in the user-system interaction. The user interface is examined and specified in terms of those concepts noting their presence, difficultness, or absence from the user perspective.

It is possible that other models and methodologies exist for describing user interfaces from different perspectives and with different objectives. The ones mentioned here are among the most relevant and even though they study the user interface to a certain degree they differ significantly from the methodology used in this study.

3. METHODOLOGY FOR THIS STUDY

In this study the model applied decomposes user interfaces in ten structural layers assuming that this decomposition can be useful for several purposes. It can be done for documentation if the system is already designed, for comparison if there are several systems and differences between them need to be spotted, for design or evaluation if the designers or evaluator want to break the task in subtasks. In general, whenever a full description of a user interface is needed these ten dimensions can be considered.

In the past this methodology has been applied mostly in academic settings for research purposes [10][11][12]. For clarity and conceptualization in this work instead of discussing directly the ten components of the model, the structures were grouped in four mechanisms of interaction: 1) representation and selection, that includes descriptions of how the system represents objects, the way they are organized and presented to the user, and what methods of access and selection are provided; 2) reality check, in which the way the system captures objects from the real world into the system or allows the creation of them by the user is reviewed; 3) direct interaction, that comprises the actions the user can perform on the objects and how those react to those actions in the design; and 4) review, in which the way the system keeps track of changes in represented objects and the options it provides to the user to revert or reapply those changes is examined.

The study was conducted at the Electronic Visualization Laboratory – EVL – in the University of Illinois at Chicago during three months. From the many interesting, innovative, and futuristic interactive systems the EVL has designed and developed [9], five were selected for study: CoreWall [2] a suite of scientific support tools for description, stratigraphic correlation, and data visualization of geological information in cores drilled at research areas in places like the Antarctic; Scalable Adaptive Graphics Environment – SAGE – [7] a graphics streaming architecture for supporting collaborative scientific visualization environments with potentially hundreds of megapixels of contiguous display resolution; LifeLike [8] a project under development at EVL seeking to provide natural interfaces that support realistic spoken dialog and non-verbal clues in the form of ultra-realistic avatars capable of holding conversations that resemble to the highest degree of accuracy the person they represent; Rain Table [19] an interactive device and application that lets users interact with two-dimensional maps of the Earth on a large high-resolution digital table; and finally a rather non-academic system: the interactive screen by the door of the laboratory that presents a historic timeline of events related to EVL.

Hence the set of interfaces studied comprehends systems in use, in development, demonstrative non-academic, and systems released with no further development foreseeable. This mix was selected to guarantee the widest possible application of the model. For all of

them except for the interactive screen by the door, there is abundant documentation in the form of published articles.

For each of the interactive systems selected a complete revision of each of the ten dimensions was made in the form of analytical questions and reviews. For example, for Representation in each case the question was: what is represented in this system and how? For Organization: are there several objects represented? If so, how are they organized and presented to the user? For Access: what are the actions to perform to select a particular object among those represented and organized? And so on. When it was not clear how to respond to a particular question or when the answer appears incomplete, the designers and developers of the systems were consulted.

The results were interesting in many areas. The insights and the data the study provided still need processing and reviewing before an extended publication is produced. In this paper I intend to explain the motivation of the study, the model applied, the preliminary results for only one of the systems – Rain Table – and explore the usefulness of the approach for designing new systems and for porting old interaction styles to new technology.

4. MOTIVATION

Characterizing user interfaces without a reference to user experience or to usability makes sense for documentary purposes and for theoretical exploration or proof. The possibility that interactive systems can be described without making a judgment on its quality or ease of use opens research paths probably not considered before. For example, the scenario of interactions between computers and humans has moved from the mainframe to the personal computer, while in there from the character based to the graphical user interface, and then switched to the portable devices and now is moving again to the mobile realm making stops at the virtual and augmented reality using now more resources from the cloud sphere.

In each transition new user interfaces appear and others are lost taking with them whole structures of interaction that no longer are considered in new designs because they were highly tied to the old technology often considered obsolete and less user friendly than the most recent.

If user interface structures can be categorized in a structural model like the one used here and then they are abstracted from the technology that supports them then they can be considered or yet incorporated into the new technology. Even if notorious deficiencies are identified in a system its abstract structure can still provide interesting advantages worth rescuing and porting to new interacting scenarios.

Finally, although considerations about usability were intentionally left out, when a systematized view of user interfaces is provided it seems suggesting and yet logical to apply usability assessment techniques individually to the identified components. The study does not go that further but the possibility is presented and explored.

5. AN ABSTRACT MODEL FOR USER INTERFACES

This study is based on an abstract model and methodology for decomposing, designing, analyzing, and comparing user interfaces [10][12]. The main claim of this model is that every interactive information system is devoted to handling a given set of objects from the real world or the human mind, and that its user interface

– UI – can be designed attending to ten different dimensions or aspects. For example, an electronic mail program handles email, a customer relationship management system (CRM) handles customer information, and payroll software handles the payments to be made to employees in a company.

Some information systems are less clear in the specification of the objects they handle, for example web sites that can be thought in general to handle interrelated information pieces about a subject but for each particular case can be seen as handling a subject with all its aspects in the form of information pieces. For a discussion of this fundamental claim in the model please see [12].

From that basic axiom the ten dimensions in the model can be derived as follows. If a system is devoted to handling a specific set of objects then those objects have to be represented in the user interface (note that this representation is not necessarily made through a visual channel). Because many sets of objects have more than one member then the UI has to organize the many representations in the system in a way that is evident for the user, and also has to allow the user to select a particular representation and from there move to select another. This reasoning leads to the first three components: Representation, Organization, and Access, that in this study were grouped in Representation and Selection.

Similarly, the UI has to show that representations come from the corresponding object so it has to show how it captured them and how it keeps the representation congruent with the represented object. These components are called Capture and Actualization in the model. On the other hand, if the user has an idea about a particular non-existing object then he must be able to create its representation using the UI and eventually he may want to destroy representations no longer needed. In the model these are the Creation and Destruction dimensions. Because Capture, Actualization, Creation and Destruction help users make the connection between the representations in the system and objects in the real world or in the mind, they were globally called Reality Check.

To directly interact with object representations to modify or process them the UI must provide a series of actions each paired with a design of the reaction that the representation is going to provide as feedback. These dimensions are called Action and Reaction in the model and their group is Direct Interaction.

Finally as the representations evolve as a consequence of user actions, past states can be made available to allow revision and even to revert changes or reapply methods. This dimension is called Change and its group is Review.

A sort of reverse-engineering can also be applied to user interfaces to identify these ten structures even if they were not designed under this vision. The user interface is examined seeking to answer questions related to each dimension. What is represented here? How is the representation made? What organization is evident when several representations are present? How can the user access the different representations? How is the UI informing the user when a new representation is captured? Do users see actualizations to keep representations updated with their counterparts? Can users create new representations? Can they destroy them? What direct actions are allowed over representations? What is the feedback provided? How can users review previous states of representations and even revert changes?

Once this structure has been identified, comparisons among UIs can be made dimension-by-dimension even if the systems are completely different. Of course comparisons make more sense if

the compared systems compete to provide the same functionality in the same context, as for example two web browsers.

Table 1. The ten dimensions in the model and the grouping made.

Group	Dimension
Representation and Selection	Representation
	Organization
	Access
Reality Check	Capture
	Actualization
	Creation
	Destruction
Direct Interaction	Action
	Reaction
Review	Change

For this study the ten dimensions have been arranged in the four groups mentioned in order to simplify the presentation of results as presented in table 1.

6. A FULL STRUCTURAL ANALYSIS: THE RAIN TABLE

For a brief overview of the process made in this study and its results, the Rain Table – an interactive device and application developed at EVL that lets users interact with two-dimensional maps of the Earth on a large high-resolution digital table, select locations of rainfall, and then watch as the rain flows down mountains and across fields, cuts channels through slopes and plains, and floods streams and rivers [19] – will be used as subject and reviewed through each one of the ten dimensions group by group.

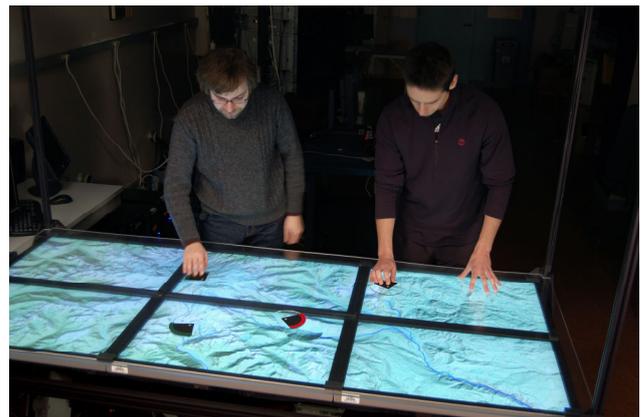


Figure 1. The Rain Table in use.

At this point a clarification is needed. The term “dimension” has been prolifically used in the field of Human-Computer Interaction (HCI). Thomas R. G. Green used it for referring to the cognitive dimensions of notations [4] that can be used for interactive systems evaluation or as heuristics for design, Whitney Quesenberry for describing usability in a clear and memorable way

[18] Jakob Nielsen explained how users differ in terms of three main dimensions: experience with the system, with computers, and with task domain [17] among others. Consequently the word has to be used carefully to avoid confusion.

“Dimensions” refers in this model to the building blocks of a user interface without an assessment of usability, learnability, proper match of user profile, or any qualification other than presence or absence. If present a dimension was described as objectively as possible leaving out both the details of the supporting technology, be it hardware, software or any other and the judgment on quality of implementation.

The 10 dimensions as building blocks for user interfaces can be thought of as a blank form with 10 fields to be filled with descriptions about an interactive artifact where each field adds information that helps to sketch the whole.

One of the problems with this model is that explaining 10 elements is rather complex and hard to follow and keep in mind. Organizing the dimensions in 4 groups was attempted in an effort to help better grasp the concept globally and at the same time provide the same level of detail when reviewing the elements inside the groups. Because of that the reader may find that some of the following explanations seem redundant when each dimension is presented and applied to the Rain Table UI. They were included to help remember what each dimension is about.

6.1 Representation and Selection

The usual most evident feature of a UI is its intention of representing a thing the user is to interact with. In visual systems this is highly noticeable.

Representations are a good starting point for analyzing UIs. What is represented in them gives clues on what types of interactions are supported. If more than one representation is to be handled by the UI – and this is the most common case – the user has to identify a disposition of them that permits to spot where each one is or at least gives a clue of how it could be found. This multiplicity is the reason for introducing an organization in the UI and an access method.

Representation, Organization and Access are the first three dimensions of the model and comprise the Representation and Selection group.

In the following paragraphs the description of these first three dimensions is made for the Rain Table UI.

6.1.1 Representation – Locations in Earth Maps

The subjects represented in the Rain Table user interface were identified first as maps with rain. A closer look revealed that although in theory a complete map of the whole Earth can be shown, in practice only small portions of digitalized land are available, covering hundreds of square miles but still small compared to the whole Earth. Most important, at any given moment only an even smaller portion is in the focus of the user: a single location or a location with surrounding locations.

The user sees a map with the locations all over, consequently locations are the main subjects represented in the interface.

6.1.2 Organization – Two-dimensional, Adjacent, Fixed Adjacencies

Representations in Rain Table are organized in one single map that contains thousands of locations. These locations are adjacent and continuous. Locations cannot be relocated thus the

adjacencies are fixed, which is consistent with the locations they represent. In some settings moving represented objects for reorganization makes sense but not in this case.

6.1.3 Access – Scroll and Zoom then Position Puck

To access individual representations, particular locations in this case, the user uses electronic “pucks”: plastic discs with some reflective spots above, that can be moved around over the surface of the table. To get to a particular location of interest the user can use pucks to zoom in or out or scroll the map. Sliding the appropriate puck over the table with a reflective spot covered with a finger is the gesture for zooming. To scroll the map the action is the same as zooming but with a different puck. A sequence of zooms and scrolls is made until the desired location is at sight and at a length-of-arm distance at most. The actual selection act consists of placing the puck over the location. A circle shape in the table travels with each puck to signal the exact place being selected.

6.2 Reality Check

Interactive systems have to reflect some type of reality somehow. Most representations in them do not commence existence inside the system. Two different sources can be spotted: objects from the real world are one and ideas from human minds are the other. It does not matter how beauty or clever a representation can be, if it cannot be traced back to a real object or to an idea in a human mind it represents nothing and it would not be a representation at all in the first place.



Figure 2. Raining in the Rain Table.

How good an interface is at showing the correspondence between a representation and a specific object and not other, up to the point of regarding the representation as “the” object, depends on how well some building blocks are crafted in it.

These building blocks are Capture, that makes evident how the system got a representation from outside; Actualization, that shows how the system is capable of keeping the correspondence between the object and its representation through time; Creation, that allows users to take the ideas they have into the system; and Destruction, to dispose of representations no longer needed inside the system. As with the previous group, the identification of these dimensions in the Rain Table is presented in the following paragraphs.

As you will see none of these dimensions was included in the design of the Rain Table. This does not mean that the model is not applicable but that the decision was made at design time not to

address these particular structures. This omission can be valid in some settings. Arguable this is the case of a system like this whose main purpose is to serve as an educational resource in a museum exhibit. In other cases, undesirable effects could have been produced in users, like distrusting the system for its lack of capabilities to keep up with reality.

6.2.1 Capture – Adding New Locations Not Possible

Rain Table was developed as a temporal museum exhibit and not as a permanent application and thus new maps are rarely available. The capture dimension in the model is a placeholder for describing the user interface capabilities that let the user know when new representations are available. For example, in an astronomy application for analyzing data and discovering planets when a new one is spotted (captured) the user interface has to signal users so they can be aware.

6.2.2 Actualization – Updating Locations Not Possible

If a represented object changes in the real world, its corresponding representation in the system should be updated and the user informed about the change. In the way Table Rain uses maps and locations they would rarely need updates. For example, cities grow and new ones appear but cities are not included in Rain Table maps. Severe geographical changes that would need actualization are uncommon. Once again, this building block is not implemented. Other applications that handle maps do need actualization in their interfaces. Google Maps [5] for example, has to be constantly updated and users have to be informed of how old or new the image they are seeing is¹.

6.2.3 Creation – Creating Locations not Possible

The creation dimension implements the way in which users are allowed to create new representations based on their own ideas or imagination. Being able to create locations in Rain Table would be a nice feature but not one available in its UI. If included users could put together mountains, rivers, volcanoes, valleys, and others, and see how their creations behave in the program.

6.2.4 Destruction – Elimination of Locations not Possible

To eliminate representations no longer needed in the system users employ the destruction dimension of the UI. In interactive systems that allow addition of new representations by means of capture or creation some of them will eventually need to be deleted. The implementation of Rain Table did not include this possibility.

6.3 Direct Interaction

Identifying an object through its representation, being able to select it and knowing that it corresponds to a real entity (the previous groups described in this study) is not yet a direct interaction in the sense of being able to act over the object. For that, users have to be able to perform some actions over the representations and see the results they produce.

These are the dimension for direct interaction: Action, or the things the user is able to do, and Reaction, or the responses the user gets.

6.3.1 Action – Make Rain Fall over Locations

The set of actions users are enabled to perform in the UI comprises the action dimension. For the Rain Table this is the most evident dimension present. Users can make rain fall over the selected location. One thing that became apparent when analyzing action in the Rain Table is that locations can be fine-selected or broad-selected depending on the level of zoom the user has applied. If the maps are zoomed in to a high level of detail then the selected location will be smaller than if the maps were zoomed out. The user has a selection circle that covers more area if the map is zoomed out and less otherwise.

One not so evident action allowed is to place more than one puck in the same location or as near as possible to increase the level of rain. When the user wishes to stop rain the puck can be moved away from the location or even taken out of the table.

6.3.2 Reaction – Rain Falls

Responses are usually so tightly joined to actions that they are often designed at the same time, but in this model they are considered in two different dimensions. Reaction is the set of responses the UI gives for user actions. This separation helps to review how well feedback is provided. In Rain Table rain can be seen falling over the selected region and channels and rivers start flooding according to mathematical models based on geological science. The rain produced by the action of the user is clearly distinguishable from the background map. New rivers can be formed as the water flows but they will look different from the existent rivers present in the map. If the user takes away the puck the rain will stop but the water will continue to flow over the location as if it has been collected in the upper regions of the area, following the same behavior observed in real rain water.

6.4 Review

The last group of dimensions is actually just one: Change. Interactive systems produce changes in the representations they handle. Sometimes those changes can be undesirable and the user may want to undo them. The most common form of change management in UI is the undo-redo pair. Versioning systems do a more elaborate work by letting the user review how changes affected several different variations of the object.

To complete the description of the Rain Table user interface this dimension is described.

6.4.1 Change – No Review of Interactions Available

In the Rain Table there is no way to review past interactions, undo actions, reapply changes or any other form of history review.

7. USEFULNESS OF THE APPROACH

The same description of the UI for the other four systems was made in a similar fashion. Those descriptions are not included here to keep this document short but eventually will be part of a more extended publication the author hopes to produce.

For doing the analysis the documentation was consulted, the creators and developers of the systems were interviewed, and, most important, the actual systems were observed while being used and used by the author.

¹ See this support page on the Google web site for an example of how this information is provided: <http://support.google.com/maps/bin/answer.py?hl=en&answer=22040>

Some of them had more functionality in some dimensions and these differences often sparked ideas for supplementing the dimension in the mind of the author. Some of those ideas were discussed with the researchers at the laboratory.

To portray the utility of the approach in the design or redesign of interactive systems two examples are going to be discussed. These examples are directly related to the Rain Table as it is the system most thoroughly discussed here.

First, as pointed before, the groups of dimensions in Reality Check and Review are not implemented in that UI. If challenged to design complementary functionality to implement them, a designer would have very specific requirements provided by the definition of the dimension. This has two important benefits. One is that the design problem has been broken into smaller pieces working as a divide and conquers strategy for problem solving. Two is that from the very description of the missing dimension the designer might obtain the inspiration needed for the job [13].

Second, the interaction technique utilized in the Rain Table as described in the dimensions could be called “puck based”. Essentially it consists of using several external objects as the means of performing the selection and actions. Such technique is arguable not so common in modern commercial UIs. Experiments could be designed to evaluate if it is applicable today and if it can coexist with the new interaction paradigms. Instead of just abandoning it as obsolete, its documentation and explanation could conduct to new applications in modern settings. Of course this remains a supposition waiting for validation.

There is also another benefit of describing interactive systems using the model portrayed here. Building such models could eventually conduct to a standardized form of characterizing user interfaces for documentary purposes. If there is no other evident benefit, even this could be worth considering.

8. CONCLUSION

In this paper the application of an abstract model for describing and characterizing user interfaces was presented. Originally the model comprised ten different dimensions. Here the dimensions were organized in four groups and such organization seems to make sense and also presents some utility for better grasping the full model.

The possible benefits of constructing these characterizations for user interfaces were discussed using an example from a more general study not yet published the author conducted in the Electronic Visualization Laboratory in the University of Illinois at Chicago.

A more complete report is expected in the future.

9. ACKNOWLEDGMENTS

The Electronic Visualization Laboratory in the University of Illinois at Chicago gently accepted to host the author as a Fulbright Visiting Scholar for three months to conduct this study. Gratitude to all of them specially to EVL director Jason Leigh and to all the EVL staff that collaborated providing guidance and information.

Special thanks also to the Department of State of the United States of America and to the Fulbright Visiting Scholar program for the grant provided for conducting this study.

10. REFERENCES

- [1] Blandford, A., Green, T. R. G., Furniss, D. and Makri, S. 2008. Evaluating system utility and conceptual fit using CASSM. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 66, 6 (June 2008), 393-409. DOI=10.1016/j.ijhcs.2007.11.005 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2007.11.005>
- [2] Chen, Y.C., Lee, S., Hur, H.J., Leigh, J., Johnson, A., and Renambot, L. 2009. Design an interactive visualization system for core drilling expeditions using immersive empathic method. In *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA '09)*. ACM, New York, NY, USA, 2671-2674. DOI=10.1145/1520340.1520382 <http://doi.acm.org/10.1145/1520340.1520382>
- [3] Garrett, J.J. 2010. *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond* (2nd ed.). New Riders Publishing, Thousand Oaks, CA, USA.
- [4] Green, T.R.G. 1990. Cognitive dimensions of notations. In *Proceedings of the fifth conference of the British Computer Society, Human-Computer Interaction Specialist Group on People and computers V*, Alistair Sutcliffe and Linda Macaulay (Eds.). Cambridge University Press, New York, NY, USA, 443-460.
- [5] Google Maps. Google. <https://maps.google.com>.
- [6] Kruschitz, C. and Hitz, M. 2010. Bringing formalism and unification to human-computer interaction design patterns. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Pattern-Driven Engineering of Interactive Computing Systems (PEICS '10)*. ACM, New York, NY, USA, 20-23. DOI=10.1145/1824749.1824754 <http://doi.acm.org/10.1145/1824749.1824754>
- [7] Jagodic, R., Renambot, L., Johnson, A., Leigh, J., and Deshpande, S. 2011. Enabling multi-user interaction in large high-resolution distributed environments. *Future Gener. Comput. Syst.* 27, 7 (July 2011), 914-923. DOI=10.1016/j.future.2010.11.018 <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2010.11.018>
- [8] Lee, S., Carlson, G., Jones, S., Johnson, A., Leigh, J., and Renambot, L. 2010. Designing an expressive avatar of a real person. In *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent virtual agents (IVA'10)*, Jan Allbeck, Norman Badler, Timothy Bickmore, Catherine Pelachaud, and Alla Safonova (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 64-76
- [9] Luman S. Future World. *UIC Alumni Magazine*, Winter 2011. <http://www.uiaa.org/uic/news/uicalumni/1111a.html>.
- [10] Morales Díaz, L.V. 2001. Structured user interface design methodology. In *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA '01)*. ACM, New York, NY, USA, 51-52. DOI=10.1145/634067.634102 <http://doi.acm.org/10.1145/634067.634102>
- [11] Morales Díaz, L.V. 2010. Programming languages as user interfaces. In *Proceedings of the 3rd Mexican Workshop on Human Computer Interaction (MexIHC '10)*, Eduardo H. Calvillo Gámez and Victor M. González y González (Eds.). Universidad Politécnica de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P. México, México, 68-76

- [12] Morales Díaz, L.V. and De León, J.L. 2008. An Empirical Verification of the Foundations of Structured User Interface Design SUID. In *Proceedings of the 2008 Mexican International Conference on Computer Science (ENC '08)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 55-62. DOI=10.1109/ENC.2008.30
<http://dx.doi.org/10.1109/ENC.2008.30>
- [13] Morales Díaz, L.V. and Rivera Perezgil, J.A. 2010. Structured User Interface Design as a Lateral Thinking Tool for User Interface Design. In *Proceedings of the 2010 Second World Congress on Software Engineering - Volume 01 (WCSE '10)*, Vol. 1. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 51-54. DOI=10.1109/WCSE.2010.138
<http://dx.doi.org/10.1109/WCSE.2010.138>
- [14] Myers, B.A. and Rosson, M.B. 1992. *Survey on User Interface Programming*. Technical Report. Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, PA, USA.
- [15] Nichols, J. and Myers, B.A. 2009. Creating a lightweight user interface description language: An overview and analysis of the personal universal controller project. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 16, 4, Article 17 (November 2009), 37 pages. DOI=10.1145/1614390.1614392
<http://doi.acm.org/10.1145/1614390.1614392>
- [16] Nielsen, J. 1994. Heuristic evaluation. In *Usability inspection methods*, Jakob Nielsen and Robert L. Mack (Eds.). John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA 25-62.
- [17] Nielsen, J. 1993. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA
- [18] Quesenbery, W. 2003. The Five dimensions of Usability. In *Content and Complexity: Information Design in Technical Communication*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ (2003)
- [19] Svistula, D.N. 2008. *Rain Table: Scalable Architecture for Group-Oriented Visualization of Real-Time Geoscience Phenomena*. Submitted as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Computer Science, Graduate College, University of Illinois, Chicago, IL, (2008).

TuTur: immersive user experience of tourist visits in virtualized worlds

Víctor M. González
Department of Computer Science
Instituto Tecnológico Autónomo de México
1 Río Hondo, Col. Progreso Tizapán
Mexico City, México
victor.gonzalez@acm.org

Francisco Torres Vázquez
Department of Computer Science
Instituto Tecnológico Autónomo de México
1 Río Hondo, Col. Progreso Tizapán
Mexico City, México
torres.francisco@me.mx

ABSTRACT

Advances in computer technology have made it increasingly easy for users to navigate through a virtual world. We are interested in assessing what kind of immersive virtual experience is being delivered to the users through projects that aim to share virtualized aspects of the physical world. In order to achieve this we will assess whether people's opinions on tourist-oriented places differ between a virtual visit and one in-person. Our proposed five-dimensional model is designed to incorporate cultural factors while analyzing perceived differences. This research is intended to contribute to the understanding of the comparison between these two experiences, with the final objective of improving on the user experience.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces—Graphical user interfaces

Keywords

Virtualization; Tourism; Scale development; Virtual Navigation; User Experience

1. INTRODUCTION

Advances in communications, animation techniques, computer visualization systems and processing power have made it increasingly easy for users to get to know our planet from the convenience of their desktop. People can now virtually navigate the world by using multimedia representations of it. Among the benefits of a virtual exploration is the fact that the visitor is neither limited by time or space, and the only requirements are an internet-equipped computer capable of showing this virtual world and the knowledge on how to use it.

Several companies, including Google, have contributed to the virtualization of the real world with services such as Google Street View. Therein, the user can journey around the world through 360-degree immobile street-level imagery. The present day repertoire includes seventeen museums around the world and a few businesses in addition to the streets of several cities in the United States, Mexico, East Europe, and Australia, among others [7]. Since Street View launched for five U.S. cities in May 2007, it

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

has gone through several iterations allowing the service to expand to the seven continents [10].

Other movements like the Kacyra Family Foundation's nonprofit CyArk, wish to preserve cultural landmarks through the use of three-dimensional scanning technology. The effort is oriented at the preservation of the details of the world's historical sites and to make them accessible through computer interfaces [12].

There is a tendency that suggests people, especially young men, are increasing their time spent at home and in their information and communications technology [11]. This change can be linked with the extended virtualization of the average lifestyle. Acknowledging the fact that nowadays the number of virtual substitutes for daily activities is increasing, it can be assumed that with time the border that divides the experience of visiting a locale in person or being virtually there through a relay will fade.

We are interested in assessing what kind of immersive virtual experience is being delivered to the users through projects that aim to share virtualized aspects of the physical world. It is imperative to mention that we in no sense assume that either kind of experience is inferior to the other; both have benefits and drawbacks. What we would like to analyze are the factors that differentiate these two experiences so that these can be improved upon. In order to achieve this we will assess whether people's opinions on historical places in Mexico City differ between a virtual visit and one in-person.

2. BACKGROUND

This research aims to contribute to the growing number of studies comparing an in-person experience with its virtual equivalent. Studies have compared the data obtained from a virtual sojourn with that obtained from an equivalent one administered "in-person" [3] [4] [8]; these were primarily designed to assess the feasibility of using Google Street View to audit neighborhood environments.

Further analysis has also been successfully done in more cultural-oriented activities. Gardner has gone as far as to accept that there are paintings that are better seen through a virtual reproduction than the original [5]. He is referring to Google's Art Project, and is careful to mention that virtual reproductions still have limitations including the fact that the size of the object being viewed at, is restricted by the size and quality of the computer monitor being utilized; nonetheless he describes the experience as a disembodiment, allowing the user to contemplate the object spatially unhindered.

This feeling relates not only to works of art, but whole places that can be explored with the assistance of personal computers. The

types of places a person can visit are as vast as the range of emotions they feel while they are there. Getting a grasp on a personal experience with the objective of analyzing it can be challenging and has been analyzed by Ritchie and Hudson [2]. We wish to discern whether this kind of comparison can be extended to virtual spaces through the analysis of tourist-oriented sites in particular.

3. TOURISTIC CONTEXT

Research on the factors that determine the international demand for tourism in Mexico have found a direct relationship regarding the effect of the promotion of Mexican tourism sites during the previous season of promotion [13]. The conclusion is that more investment results in more visitors; however, one would wonder what type of multimedia promotion schemes are the most effective for tourism. Furthermore one would wonder on the effect of using virtualized visits for those purposes. Our research challenge is to analyze whether a virtual tourist will be able to expect a similar experience from browsing on his computer than to actually visiting the sites in person. If the research points out that the experience is significantly similar, then the promotion of tourist-oriented places and historical sites could benefit directly from it. They would be able to persuade potential tourists into “testing” the sites they wish to visit in person and advertise that they can expect a similar experience.

4. DESIGNING A MODEL

In order for users to focus, primarily on the sites and still be able to quantify their opinions Willis et al. proposed an interaction scenario where users defined the emotional quality of a place by choosing a point within a matrix [6]. This was our departure model to assess the quality of a touristic place. Willis et al.’s matrix consisted on two dimensions with opposite emotional responses towards a place: “Like it” - “Don’t like it” and “Comfortable” - “Uncomfortable”. This emotional matrix is efficiently designed to quickly evaluate everyday places. Following a similar line of research and going beyond the effort of Willis et al., Boehner, K., et al. [1] also explored emotion as a multifaceted interaction, and characterize it as dynamical, culturally mediated, socially constructed and experienced.

Based on these two previous efforts we workout a proposal for a five-metric set that was considered of value for the purposes of our research. Our model consists of a five-dimensional scale which are explained in detailed later and which are aimed at quantifying the user’s opinion on twelve previously selected bus stops of the Turibus, a touristic transportation service in Mexico City dedicated to sight-seeing tours. We will conduct interviews in which the users will be able to reflect and record their opinions on the sites. A separate test, through Google Street View (via a desktop computer), will obtain the equivalent opinion on the same sites through a virtual tour.

Our five-dimension model is designed to incorporate cultural factors into the assessment for tourist-oriented sites. We analyzed and built upon the results of Choi et al. who developed a four-factor scale that can be helpful when comparing populations in different studies for their attitudinal dispositions with regards cultural values [9].

The dimensions we decided were relevant are measured on a discrete five level scale and are the following: *security*, *cleanness*, *historical and artistic value*, *astonishment*, and *social ambiance*. It is through these five proposed variables that we will analyze the opinion of the users in the two cases (virtual vs. in-person visits),

within the context of tourism. The variables were chosen so that the level of observation required varies substantially, this is important, because Clarke et al. showed that the levels of reviewed agreement between these types of observational data depends heavily on the level of detail the user is expected to assess [3].

The variable *security* reflects the different degrees of insecurity that can be experienced by the tourist. Kekovic and Markovic [14] present three: type 1, limited to minor theft; type 2, kidnappings, and type 3, which considers major hazards such as sabotage, chemical weapons, nuclear and biological weapons, among other threats. Therefore, it is important to mention that in the case of the Turibus it refers mainly to the first, however, the second cannot be left aside, due to the situation that Mexico as a country is going through. Within the context of tourism, security is consistently a factor to be considered as people consider it when deciding where to travel [15]. Our conclusion is that this variable has to be included in the set of metrics.

Cleanness is a second variable to be included and it is useful to assess the perception of people with regards the appearance of the place respect to the presence of absence of garbage, graffiti, pollution and other similar factors. This variable has been used in similar studies in the past [3].

The variable referred to as *Historical and Artistic Value*, was introduced so as to inquire into the multidimensionality of the cultural value in a specific area. It is also important to mention that neighborhoods that contain historic districts have more increments in the average building value [16]. This plays a major role in the protection and conservation of the sites. Therefore, we decided to include this attribute as part of our set.

Astonishment is our fourth variable and will relate to all elements in the environment, from natural to artificial that the users identify therewith. They will have the freedom to choose from what they saw and record it if they detect any positively unexpected or pleasant spot.

Finally, *Social Ambiance* is a variable focused at making the users reflect on whether the location they are testing facilitates and promotes interaction between visitors and tourists. Armenski showed that the perception of tourists’ behavior can be significantly affected by the socio-demographic characteristics of residents [17]. That research was focused on the importance of the quality of the interaction between tourists and local residents. Considering our case, it is therefore imperative that visitors assess the sites in terms of the social ambiance and judge whether they are designed to meet their needs as tourists.

5. RESEARCH METHODOLOGY

The complete tour using the Turibus consists of more than twenty stops at different historical and cultural places in Mexico City. The service is ran by a private bus company and includes an audio-guide through which passengers can listen to narratives of the places the bus is passing by. The tour last about three hours and passengers can leave or take the bus at any stop.

We therefore constructed a subset of stops that served the needs of this research. In order for both experiences to be equivalent we restricted the stops to those whose most important characteristics were appreciable on the exterior and would be comparable through the virtual visit in Google Street View and the one realized by the group on board the Turibus. The result is a twelve-stop journey.

In the case of the Virtual Evaluation we will invite the interviewees to our Usability Laboratory and will conduct a controlled study with a software designed to facilitate the virtual tour to the set of predetermined Turibus stops. For the evaluation with presence aboard the Turibus there are a few points that must be taken into account. The person who rides in the Turibus, has the facilities derived from being there in person, such as a change of perspective and easier time management, amongst others. Google Street View then limits the approach selected for the selection of variables, because it has more restrictions.

There are two main interfaces in TuTur, these were designed in accordance to the characteristics of both experiences. For the virtual tour, using Google Street View in the Usability Laboratory of ITAM the users will be lead through the previously chosen bus stops. The interface is web-based and guides the user through a questionnaire where each of the five-metrics of our set are assessed after visiting each stop. The system also includes a brief socio-demographic component and a System Usability Scale questionnaire (SUS), and the predefined stops with a time limit and the location-data of the stops preprogrammed. Therefore the user will experience a complete Tour of Mexico Cities' center on a personal computer.

The second interface is Android-based and will enable the users to answer an equivalent questionnaire while riding the Turibus and experiencing the sites in person. The system has been fully developed and operates in smartphones with built-in geo-localization (GPS). Figure 1, 2 and 3 show elements of the Android-based user interface and the web-based interface.

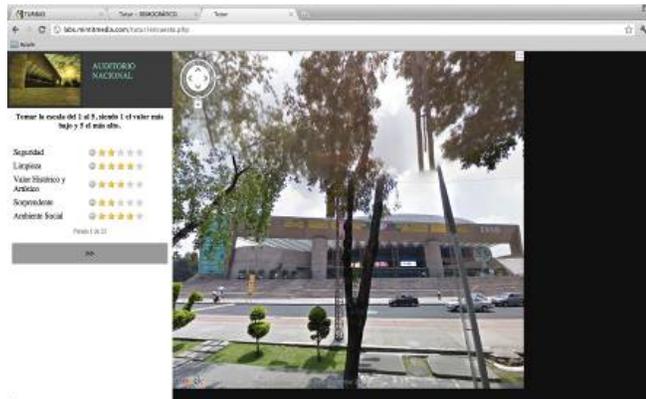


Figure 1. Prototype for the web-based interface.

6. RELEVANCE AND POTENTIAL CONTRIBUTION

Through this research we would like to contribute to the understanding of the virtual interaction paradigm so as to underline elements that could be worked upon on both virtual and in-person user experiences. We move away from giving more value to either experience, and instead assume that each one provides particular forms of interaction that should be understood and from this to derive proper interactive paradigms and interactive content. It is important to mention that some of the current virtual experiences, such as Google Street View are limited to static images. In relation to the usability of Google Street View we would like to analyze whether the transition between scenes or images could represent a problem as it hinders the flow of the experience. The tools for exploring a virtual world in Google Street View could also alter the experience of a user.

We aim to identify the requirements of new tools that can be used to explore the virtualized worlds. Consequently, it is important to analyze the immersive experience of navigating through a virtual space and the benefits and problems that arise from this experience considering the characteristics of current tools. Our general hypothesis is that we will find differences but that these in turn will help us to enhance both experiences and understand how they differ and in what elements they could be worked upon.

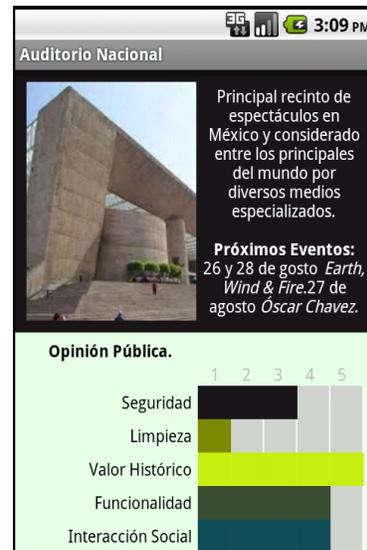


Figure 2. Prototype for the Android-based interface.

7. FINAL REMARKS

The relevance of comparing and understanding the user experience under the five dimensions proposed in our model is related to how human beings immerse themselves in the experience that is understood as visiting a site of great emotional value. The area does not have to be a marvel of nature or a historical building, even the most common of spaces can trigger an emotional response from the right person. There is potential of further assimilation of an immersive experience related to cultural, social and even religious aspects. In further research we would like to analyze to what degree a virtual visit can help the user to assimilate a place without the need to visit it.



Figure 3. Detail of Interface for evaluating the stops on Google Street View.

8. ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported by Instituto Tecnológico Autónomo de México and Asociación Mexicana de Cultura A.C.

9. REFERENCES

- [1] Boehner, K., DePaula, R., Dourish, P., and Sengers P. "How emotion is made and measured", *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 65, Issue 4, April 2007, pp. 275-291
- [2] Ritchie, J.R.B and Hudson, S. "Understanding and Meeting the Challenges of Consumer/Tourist Experience", *International Journal of Tourism Research*, Volume 11, Issue 2, March/April 2009, pp. 111-126
- [3] Clarke, P., Ailshire, J., Melendez, R., Bader, M., and Morenoff, J. "Using Google Earth to conduct a neighborhood audit: Reliability of a virtual audit instrument", *Health & Place*, Volume 16, Issue 6, November 2010, pp. 1224-1229
- [4] Rundle, A.G., Bader, M.D.M., Richards, C.A., Neckerman, K.M., and Teitler, J.O., "Using Google Street View to Audit Neighborhood Environments", *American Journal of Preventive Medicine*, Volume 40, Issue 1, January 2011, pp. 94-100
- [5] Gardner, J., "Better than the real thing?", *Magazine Antiques*, Volume 106, No. 3, May 2011, pp. 106-113
- [6] Willis, K., Mody, R., Witwoski, P., (2011). "Seeing the World in a Different Way: Sharing Feeling about Places with Emotional Tags". *Proc. Of Communities and Technologies* 2011, Australia, 29 June-2 July 2011
- [7] Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lyon, R., Ogale, A., Vincent, L., and Weaver, J. "Google Street View: Capturing the World at Street Level." *Computer*, 43,6, 2010 pp. 32-38
- [8] Badland, H., Simon, O., Witten, K., Kearns, R., and Mavoa, S. "Can Virtual Streetscape Audits Reliably Replace Physical Streetscape Audits?" *Journal of Urban Health* 87, no. 6, 2010, pp. 1007-1016
- [9] Choi, A., Papandrea, F., and Bennett, J. "Assessing Cultural Values: Developing an Attitudinal Scale." *Journal Of Cultural Economics*, 31,4, pp. 311-335
- [10] maps.google.com/help/maps/streetview/gallery.html#seven-continent-of-street-view
- [11] Vilhelmson, B., and Thulin, E., Virtual Mobility, "Time Use and the Place of the Home." *Journal of Economic and Social Geography*, 99,5 pp. 602-618
- [12] Preston, E. "Backing Up History", *National Geographic*, 218, 4, p.21
- [13] Guzmán-Soria, E., Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., de la Garza-Carranza, M., and García-Salazar, J. 2011 "Factores determinantes de la demanda internacional del turismo en México", *Revista De Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 5, 3, pp. 30-49
- [14] Kekovic, Z., and Markovic, S. 2009 "Security as a Factor of Competitive Advantage in Tourism", *Tourism and Hospitality Management*, 15, 2, pp. 291-303
- [15] Korstanje, M.E., "The fear of Traveling: a new perspective for tourism and hospitality", 2011, *Anatolia: An International Journal of Tourism and Hospitality Research*, 22, 2, pp. 222-233
- [16] Gilderbloom, J., Hanka, M., and Ambros, J., 2009 "Historic preservation's impact on job creation, property values, and environmental sustainability", *Journal of Urbanism*, 2, 2, pp. 83-101
- [17] Armenski, T., Dragičević, V., Pejović, L., Lukić, T., & Djurdjev, B. 2011, 'Interaction Between Tourists and Residents: Influence on Tourism Development', *Polish Sociological Review*, 173, pp. 107-118

A user experience view for rehabilitation systems

Ricardo Cruz Mendoza
Graduate Science and Engineering
Computing (UNAM), Ciudad de
México, México
crcruz@ciencias.unam.mx

Pablo Romero
IIMAS, Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM),
Ciudad de México, México
pablror@unam.mx

Luis A. Pineda
IIMAS, Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM),
Ciudad de México, México
luis@leibniz.iimas.unam.mx

ABSTRACT

When we talk about movement-based systems we can assume that their users move. Particularly, in rehabilitation systems, patients have to perform exercises to re-train particular bodily skills through bodily activity. Many examples of those systems exist, but how we interact with them may differ, in some cases the patient performs the bodily activity through virtual environments (virtual reality), in other cases the activity could be mixed (mixed reality) or yet in another cases the activity could be through tangible interfaces, but in all of these cases, interfaces to perform bodily activity beyond mouse and keyboard are needed. Frequently interfaces use videogames to mediate the interaction between activities in the real world and activities in the virtual world; it is for this reason that we need to address questions of player experience and game design in movement-based rehabilitation systems. This paper proposes a view that takes into account aspects of user experience in the context of movement-based rehabilitation systems, focusing on concepts like immersion and flow.

Categories and Subject Descriptors

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

General Terms

Human Factors

Keywords

user experience; games; movement-based interaction; rehabilitation; flow

1. INTRODUCTION

Computer interfaces are not just about mouse and keyboard anymore. Movement-based rehabilitation systems illustrate this point. These are systems that have moderate bodily movements as input modality for physical rehabilitation (therapeutic) in medical contexts. Those systems could be classified into different domains or paradigms according to the style of interaction. Examples of those domains are: virtual reality, mixed reality and physical reality.

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.

MexIHC 2012, October 3-5, 2012, México City, México.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

A number of different types of movement-based interfaces have been proposed. We can distinguish a wide range of approaches and classifications judging them by the intensity of the movement they require or based on technological reasons [1]. When those interfaces are classified by the intensity of movement, the bottom end of the scale is represented by those that require minuscule movements, for example, interfaces that use eye movements as input modality [2]. On the other hand, the upper end of the scale is represented by interfaces that require a high degree of activity [3], for example interfaces that use the movement of legs and arms as input mainly. The other classification of that type of interfaces is based on how removed they are from physical reality. In that type of classification, one end of the scale is represented by interfaces that allow interaction in real environments, while the other is represented by interfaces that allow interaction in virtual environments [4, 5]. This paper presents a reinterpretation of existing classifications of the latter type i.e., a reinterpretation of interaction spanning from real environments to virtual environments, from a user experience point of view. Instead of technological issues, this view takes into account aspects of user experience, embodiment, and phenomenology, within the context of movement-based rehabilitation systems. The main reference for our view is the embodied interaction framework of Dorish [15] and the embodied view of flow of Romero & Calvillo-Gamez [16]. We used movement-based rehabilitation systems to exemplify our user experience point of view but we also believe this could be valid not only for movement-based rehabilitation systems but also in general for movement-based interfaces that use moderate bodily movements as interaction modality.

The paper has four sections. In the first section we begin with a brief discussion of paradigms/domains, technology and user experience present in movement-based rehabilitation systems. In this section, we exemplify those concepts through four rehabilitation systems that use different domains/paradigms of interaction: the first uses virtual reality, the second and third mixed reality and the fourth tangible interfaces. This is followed by a brief summary of existing classifications based on technological points of view. In section three we present our view which is based on user experience in movement-based rehabilitation systems across virtual/real domains. Finally in section 4 we draw some conclusions and discuss future research.

2. PARADIGMS OR DOMAINS OF INTERACTION

When we talk about movement-based rehabilitation systems we can make reference to several paradigms/domains, these are tied to the way we interact with the system. In some cases the interaction is through virtual environments (virtual reality), in others the activity could be mixed (mixed reality), and yet in other

cases the activity could be mediated through tangible interfaces. In this section we analyze some features of these paradigms/domains using four rehabilitation systems as example. Those systems focus on interfaces that allow moderate arm movements as input modality for physical rehabilitation (therapeutic) in medical contexts, particularly stroke rehabilitation.

2.1 Virtual Reality in movement-based rehabilitation systems

One of the most common technologies found in rehabilitation systems is virtual reality or VR. Often, virtual reality is classified in two ways: immersive virtual reality and non-immersive reality [6]. The immersive concept is often related to tridimensional environments that are displayed through Head Mounted Displays HDM. It is also common to use gloves and other devices when interacting with this type of environments.

Non-immersive VR also places the user in a 3D environment that can be directly manipulated, but it does so without Head Mounted Displays, i.e. with display images using a generic monitor. The scene or environment is displayed with the same 3D depth clues used in immersive VR. As in an immersive VR, much of the technology is the same, they use the same 3D modeling and rendering and many of the same interaction techniques.

Many studies claim that full immersion (or immersive VR) offers major advantages for rehabilitation systems but is less frequently used [6]. However, it is not clear why immersive VR would have better results. It is speculated that this would be due to the presence or immersion factor. On the other hand, one likely drawback could be physical problems related with immersive VR (for example, dizziness and nausea). From the point of view of the experience of the user, in immersive VR the users frequently are not aware of the physical world around them, while in non-immersive VR they could be.

In next subsection, the concept of non-immersive virtual reality is illustrated through a rehabilitation system for upper limbs named Armeo Boom.

2.1.1 Armeo Boom

Hocoma is one of the world's leading companies specialized in medical rehabilitation systems. Armeo, their main product line specialized in rehabilitation of patients with motor control issues for upper limbs, has specific systems such as Armeo Boom, Armeo Spring and Armeo Power. All these products share many features (for example the use of non-immersive VR). In this section we briefly describe the features of Armeo Boom, given that it is the most similar to the other rehabilitation systems analyzed in this paper.

The Armeo Boom (Figure 1) is based on an overhead sling suspension system with low inertia to provide an adjustable amount of Arm Weight support. It allows patients to perform self-directed, free movement exercises of the impaired arm in a large 3-D non-immersive virtual environment [7].

The patient does arm movements that are mapping to a non-immersive virtual environment. Some tangible elements of the system do not have a representation in the virtual environment, for example the sling suspension (see Figure 1).

Armeo Boom contains game-like movement exercises supported by a virtual-reality training environment that enhances rehabilitation. This improvement is achieved by keeping the patient motivated and interested through the use of "serious games". One of these games is the Panorama Game (Figure 2).



Figure 1. Armeo Boom Rehabilitation System taken from [7]

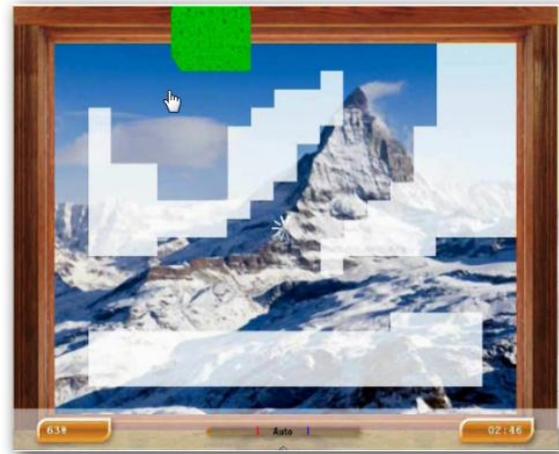


Figure 2. Panorama Game taken from [7]

The aim of panorama game is to uncover a picture. In this game the user handles a cursor in the shape of a green square. This square uncovers the parts of the image it has been placed upon. At the bottom left of the image we have an indicator that shows the percentage that the patient has uncovered of the picture and at the bottom right of the screen there is a timekeeper indicating to the patient the time left to uncover the rest of the picture.

It is important to emphasize the importance of a game-based approach in for these types of systems, because for example it has been shown that videogames elicit engagement [1]. In a rehabilitation therapy, enhanced engagement is important in order to keep the patient motivated and interested in the rehabilitation process.

2.2 Mixed Reality in movement-based rehabilitation systems

Another paradigm/domain of interaction often used in rehabilitation systems is Mixed reality (also referred to as Augmented Virtuality and Augmented Reality). Mixed Reality blend real and virtual worlds to produce new environments and visualizations where physical and digital objects co-exist and interact in real time.

The most accepted and accurate definition was given by Paul Milgram and Fumio Kishino in their work Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays [8], in this paper they explain mixed reality as:

"Particular subclass of VR related technologies that involve the merging of real and virtual worlds".

According previous definition, we could say the main difference between mixed reality and virtual reality is the interaction and coexistence of physical and digital objects in real time, through merging real and virtual worlds.

In next subsection, the concept of mixed reality is illustrated through a rehabilitation system for upper limbs named HAMRR.

2.2.1 HAMRR

The Home-based Adaptive Mixed Reality Rehabilitation system (HAMRR) is a rehabilitation system developed at Arizona State University [9]. The AMRR system (Figure 3) integrates physical elements with virtual elements and visual feedback to train reach-and-grasp tasks and promote active motor learning, which has been shown to enhance healing and recovery of lost functionality [10].

There is one key feature in HAMRR system that distinguishes it from virtual reality systems. This feature is the use of tangible/physical objects that represents objects in the virtual environment; particularly HAMRR has three tangible objects (base, button and cone) that are mapped to virtual elements. The tangible objects feature pressure and touch sensing to detect participant manipulation.

Another example of a movement-based rehabilitation system based on mixed reality is the system developed by the University of Ulster. This system use augmented reality games developed for rehabilitation of the upper-limb following a stroke. These games are designed for rehabilitating finer movements such as reach, grasp, manipulation and release of objects. The advantage of this system is that real/physical objects of different shape, size and weight are translated into objects in virtual environments (games) that can be used, with the potential of rehabilitating meaningful and transferable skills

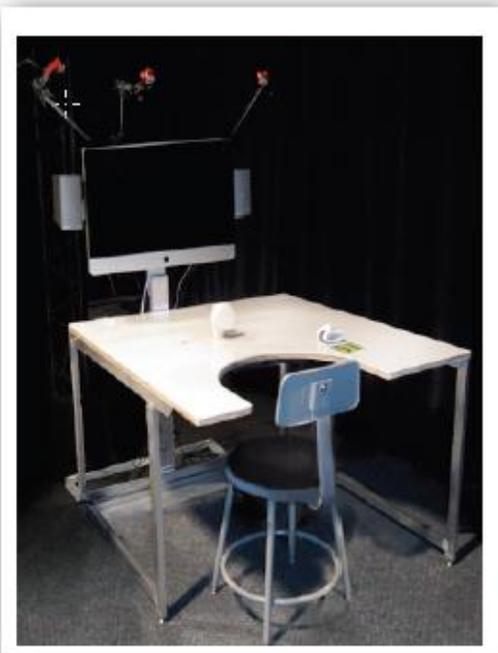


Figure 3. HAMRR system taken from [10]

Figure 4 shows one of the games of the system, called Whack Attack. In this game the user/patient obtains points by moving a cube (which has virtual and physical representations) to hit virtual

duck models as they pop out of their holes (similar to the popular arcade game “Whac-A-Mole”).



Figure 4. System developed by Ulster University which exemplifies the use of augmented reality for stroke rehabilitation through Whack Attack game.

Broadly, Mixed Interaction encompasses user interfaces and interaction approaches that emphasize:

- Tangibility and materiality of virtual elements present in virtual worlds.
- Physical embodiment of data
- The embedding of elements of the interface and the users' interaction in real spaces and contexts.

2.3 Tangible Interfaces in rehabilitation system

Ullmer & Ishii defined Tangible Bits [11] as:

“Graspable and tangible interfaces are systems relating to the use of physical artifacts as representations and controls for digital information.”

Hence, from a technological point of view, Tangible bits (or also referred as Tangible computing, Tangible Interfaces or TUIs) is a specific case of mixed reality that allows users to interact directly with computational artifacts by manipulating everyday physical objects. Those physical objects represent other virtual objects or conceptual entities and unlike mixed reality, people can assign shared meaning to physical objects.

There are a lot of examples of tangibles interfaces, but unlike mixed reality a virtual environment is not required. In next subsection, the concept of tangible interface is illustrated through tangible tabletop interfaces developed for rehabilitation patients.

2.3.1 Tangible Tabletops Interfaces for Rehabilitation

Tangible tabletops or TT systems feature various physical interaction objects that are manipulated on a table's surface. These objects may have different shapes and consist of different materials. Their position on the surface can be detected by different technical methods like pattern recognition or electromagnetic object recognition. Particularly the Research Group for Industrial Software at Vienna University developed a series of tangible tabletop interfaces [12] that have the potential to assist patients with visual impairments and a lack of fine-motor skills in rehabilitation by providing a human-computer interface that is close to physical reality. The visual interface and feedback are projected onto the table by a projector positioned over or under a see-through surface. On this surface the patient has to compare

projections with lines printed on the interaction cubes to rebuild a certain pattern projected onto the table. Doing this the patient retrain their spatial perception. Figure 5 shows one of the TT developed.

According to Hornecker [13], Tangible Interaction encompasses user interfaces and interaction approaches that emphasize:

- Tangibility and materiality of the interface
- Physical embodiment of data
- The embedding of the interface and the users' interaction in real spaces and contexts.
- Potential for Social Interaction.

Given the familiarity of people with tangible objects, the inclusion of tangible interfaces might increase the use of rehabilitation systems, because patients may feel less intimidated by technology. Also, the potential for social interaction that tangible interfaces elicit could be a positive factor in rehabilitation therapies.

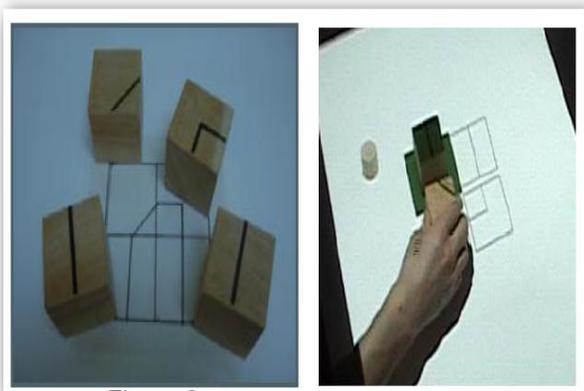


Figure 5. Tangible interface where patients can train their spatial perception by placing cubes within projected patterns (like a puzzle game) taken from [12]

3. EXISTING CLASSIFICATIONS

Milgram [14] introduced one of the main technological classifications for the “reality-virtuality continuum”, a term coined by him. This phrase is used to describe the concept of a continuous scale ranging from the completely virtual (virtuality) to the completely real (reality). Figure 6 shows this scale.

This scale was the first one in grouping mixed reality with augmented reality (AR) and augmented virtuality (AV).

The area between the two extremes, where both the real and the virtual are mixed, is called mixed reality. This in turn is said to consist of both augmented reality, where the virtual augments the real and augmented virtuality, where the real augments the virtual. Pridmore et al [4] proposed a mixed reality framework that describes paradigms/domains of interaction through a continuum scale between the virtual word and the real word. Figure 7 shows this scale.

As shown in Figure 7, paradigms/domains of interaction are characterized by their relative positions along an axis spanning the real/virtual divide. The first element in the scale is Immersive Reality. According Pridmore et al., Immersive Reality is characterized by using head-mounted displays to provide the most fully virtual experience. In this experience, participants can become involved in the virtual environment to the complete exclusion of the surrounding physical world. The next domain in

the continuum is augmented virtuality. In augmented virtuality, representations (e.g. images or video streams) of real objects are included in the virtual environment, allowing the inhabitant of a virtual environment to access physical information. Mixed reality boundaries mark the midpoint of the continuum between real and virtual environments. Mixed reality boundaries connect virtual and physical spaces. Moving further towards physical reality, augmented reality overlays digital data on views of the real world, usually via a transparent display allowing the user to view but usually not to manipulate digital information. The physical manipulation of digital information is, however, key to the notion of “tangible bits” proposed by Ishii and Ulmer.

Table 1 demonstrates that each of these classifications is unique. Some of the features are present in all of the classifications, while others are unique to a particular classification, but in all of them the classification is made according technological reasons.

Study	Features
Paul Milgram [1994]	<ul style="list-style-type: none"> • First study that propose a continuum scale between virtual and real environments. • Proposes the term mixed reality to classify the interfaces where both the real and the virtual are mixed. • Proposes the term Augmented Reality or AR to describe the interfaces where the virtual augments the real. • Proposes the term Augmented Virtuality or AV to describe the interfaces where the real augments the virtual. • Both terms (AR and AV) are included in mixed reality.
Pridmore et al. [2004]	<ul style="list-style-type: none"> • Includes the paradigm of interaction “Immersive Virtual Reality”. • Includes the paradigm of interaction “Tangibles Bits”.

Table 1. Features of existing technological classifications.

4. OUR VIEW

As we noted, existing classifications take into account only technological reasons (that are not specific to movement-based systems) but our view uses the existing classifications and includes user experience aspects to characterize different types of movement based interaction. It is in fact a reinterpretation of existing classifications but one that is based on technological aspects.

The main reference for our view is the embodied interaction framework of Dorish [15] and the embodied view of flow of Romero & Calvillo-Gamez [16]. These two works are based on aspects of embodiment, and Romero & Calvillo-Gamez’s work also talks about intrinsic motivation, states of immersion and optimal experience (also referred as flow), which are very relevant factors in movement-based interaction and in rehabilitation systems



Figure 6. Reality-Virtuality Continuum proposed by Paul Migram, which shows the relations between the completely virtual, a virtuality, and the completely real, reality, taken from [14]

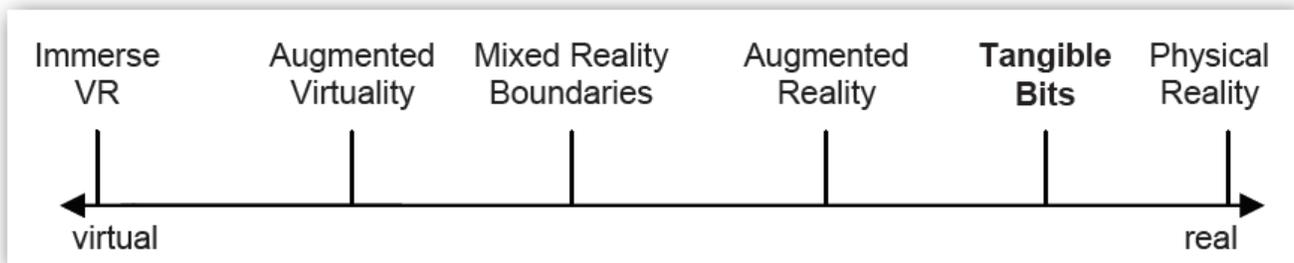


Figure 7. Continuum proposed by Pridmore et al., which show the relations among domains/paradigms of interaction, taken from [4]

From Dourish (2001) and Romero & Calvillo-Gamez (2012) work, we take four points as central for our proposed view. The first point is the importance of the user's attention, the second is the importance of the interaction context, the third the importance of the body and the fourth social interaction. These points are discussed below.

4.1.1 Flow, Immersion, Captive Attention and Effortful and Effortless attention.

According to Romero & Calvillo-Gamez (2012), Optimal Experience or Flow has been defined as a state of deep concentration that is perceived as effortless. People perceive this experience as their attention being effortlessly carried by a current, hence the analogy with flow [18]. This state can be contrasted with effortful attention, in which people have to spend a significant amount of effort to intentionally focus and maintain a deep concentration on specific stimuli [18]. In both cases attention is high but in effortless attention, the effort to concentrate is perceived as low while in effortful attention is perceived as high. Most of the time, however, attention (effortful and effortless) is captured by external stimuli: smells, noises and images of the external world. We believe that when we were describing virtual reality systems, attention is likely to be narrow while in tangible systems it could be wider (people could be able to turn their attention to their surroundings), this means virtual reality systems tend to promote a captive type of attention (that later on could promote immersion) while systems closer to physical reality (such as tangible interfaces) are more likely to promote an effortless type of attention. Due to the intensive and repetitive nature of rehabilitation sessions; offering regarding, engaging and satisfactory experiences could improve the rehabilitation process and so, the study of flow in movement-based rehabilitation system could be a factor that enhances the experience of using those systems. For example the promotion of skills and positive experiences (which are part of flow) could be a

helper in the treatment of post-stroke depression [25]. Finding out how to apply these concepts to rehabilitation and how to promote optimal experience and immersion in movement-based interfaces are important research questions that need to be addressed. Particularly, studies are needed to assess the potential benefits of flow in rehabilitation.

4.1.2 The importance of context

The classification of our proposal is in line with the distinction between the Virtual Reality and the Embodied Interaction views in Dourish's embodied interaction framework. According to Dourish (2001), an Embodied Interaction view stresses the importance of taking technology to the world of people, while in a Virtual Reality view people are the visitors in the virtual world of computers. An important advantage of an Embodied Interaction view from the user's perspective is that interaction can be more intuitive given that people can make use of the tacit knowledge they have of the physical world.

4.1.3 The importance of body

Our physical bodies play a central role in shaping human experience in the world, understanding and interacting with it [20].

Although not all activities require full-body engagement, the body has a critical role for any type of perception and action [21], even in traditional mouse-and-keyboard interaction. Tangible interfaces that engage the body can leverage body-centric experiential cognition [20]. Computer game controllers have been the most commercially successful example of such interfaces. For example Players of flight simulators increase their experience on the simulation using joysticks similar to real airplanes controls; driving simulator players use foot pedals and steering wheels to improve their vehicle control.

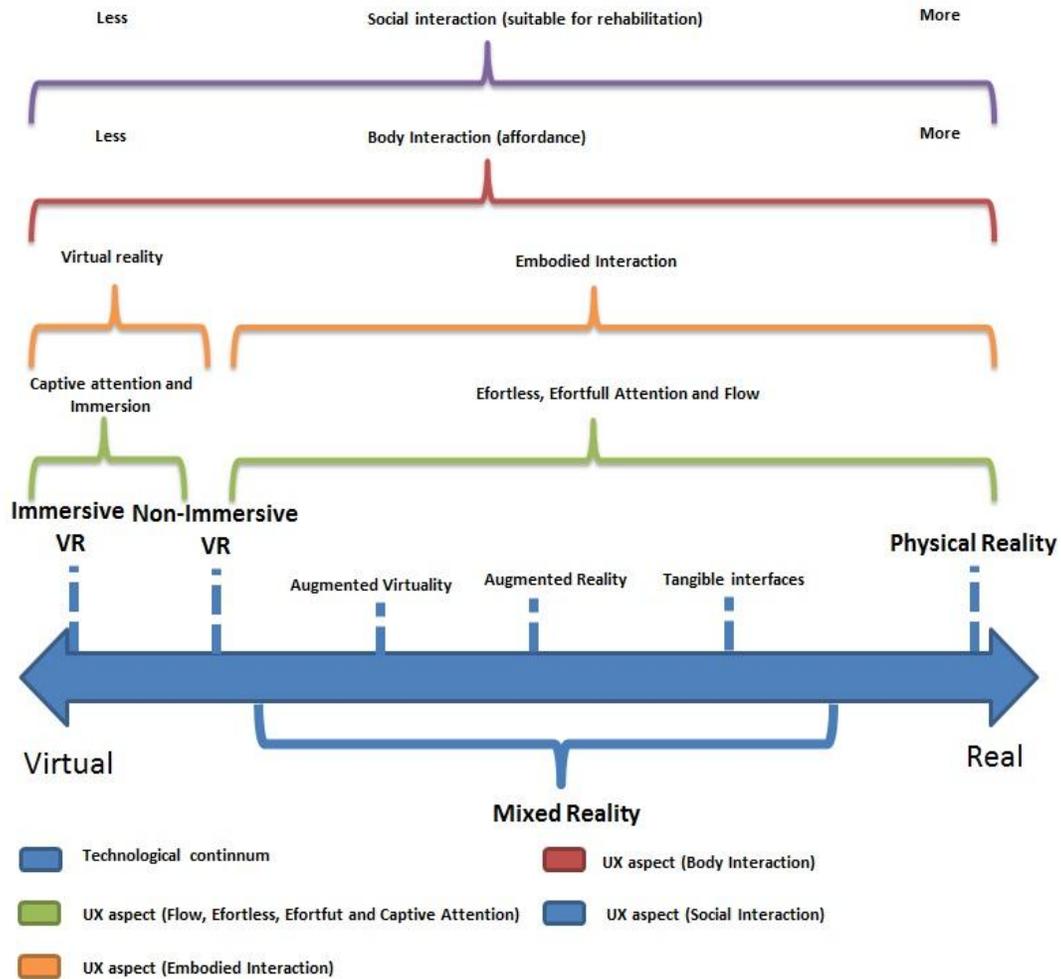


Figure 11. Our user experience view for rehabilitation systems.

The success of games and game controllers suggests that rich physical input devices may provide a significant benefit in other domains as well, particularly in rehabilitation. In this area the design of tangibles interfaces that takes the body and bodily skills into count could enhance the rehabilitation process. It does not mean Virtual Reality interaction could not take the body and bodily skills into account; the argument is mainly that this is simpler and more affordable (in the sense of affordances) for tangibles.

4.1.4 Social Interaction

The potential for social interaction as a motivating tool to facilitate rehabilitation must not be ignored. Social interaction may benefit the rehabilitation process by increasing enjoyment or adherence to play when competing against a human. Van den Hoogen et al. proposed [22] that gaming systems can be part of an engaging and interactive multiplayer tool to help reconnect patients with their social environments, for example a grandfather could play with his grandchildren or even with partners and in the case of virtual reality one of them or even both could be hundreds of kilometers away. There is good evidence that tangibles tend to support collaboration and social interaction [23] but it is no clear what kind of tangible interfaces are most effective and adequate

for rehabilitation systems. On the other hand, there is also good evidence that virtual reality supports collaboration and social interaction, but as Jeremy Bailenson explains social interaction in virtual reality is a “transformer social interaction” [24]. Further research is needed in order to clarify differences between social interaction in virtual reality and social interaction with interfaces that are closer to reality extending it to the case of social interaction in rehabilitation systems.

4.1.5 Description of our view

Based on the works by Dourish (2001) and Romero & Calvillo-Gamez (2012) and the analysis of movement-based interaction rehabilitation systems, we have proposed a view that takes previous classifications and includes them user experience aspects. Figure 11 shows this view.

In our view the paradigms/domains of interaction also are characterized by their relative positions along an axis spanning the real/virtual contexts, but unlike existing technological classifications, we take into account four central points motivated by user-experience considerations (attention, context, body and social interaction) to characterize the position of the paradigms of interaction within the axis.

Regarding the first point, attention, the bottom end has two domains: Immersive Reality and Non-Immersive Reality. The difference between them is the degree to which the virtual stimulus captures the users' attention. In Non-Immersive Reality the user, at least in theory, could be capable of attending stimuli other than those present in the virtual environment (effortless and effortful attention); while in Immersive Virtual Reality, the environment captures all of her/his attention (captive attention). Mixed Reality marks the midpoint of the scale. In Mixed Reality, tangible interfaces, augmented reality and augmented virtuality are grouped because we noticed that all of them could elicit effortful and effortless attention but as we get closer to real contexts it might be easier promote effortless attention, because at the border of mixed reality, the interaction that people perform is closer to a physical reality.

Regarding the second point, context, the bottom end of the scale is Immersive VR because in Immersive VR people are the visitors in the world of computers. The middle point in the axis is Mixed Reality. In all the paradigms of Mixed Reality (augmented virtuality, augmented reality and tangible interfaces), people interact with the use of tangible objects, and therefore are closer to an embodied interaction view. Tangible interfaces are at the border of mixed reality because the context in which people interact in this paradigm is even closer to a physical reality.

Regarding the body, the bottom end is Immersive VR because in Immersive VR the body could be less active (for example objects of the virtual world do not necessarily have weight) and as we get closer to physical reality bodily activity becomes more important. Finally, regarding social interaction the differences between the social interaction made in virtual environments and the interaction made in physical reality is no clear, but we believe that the types of interaction that are closer to physical reality could be more suitable for rehabilitation because they are associated with the type of social interaction that would take place in everyday contexts, hence people could feel less intimidated by technology.

5. CONCLUSION

We have briefly reviewed the characteristics of movement-based interfaces, i.e. interfaces that require and stimulate bodily activity. We analyzed four of these interfaces taking into account how we interact with them. We identified roughly three types of systems: virtual environments (virtual reality and non-immersive virtual reality), mixed environments (mixed reality) and physical reality. We also briefly described existing classifications of rehabilitation systems based on technological issues. Finally we presented a view that reinterprets those classifications based on user experience aspects. The aspects this view takes into account are: the importance of attention, the relevance of the context in which the interaction takes place, the body as a central concern of these types of systems and the importance of social interaction for rehabilitation.

Further research is needed to analyze and characterize in detail the types of movement-based systems on the scale presented. However this paper should be a good starting point to encourage this type of research.

Topics of further exploration include a study of the implications of our view. For example studies to clarify the differences between social interaction in virtual reality and social interaction with interfaces that are closer to a physical reality. Another example is related with studies to assess the potential benefits of flow in rehabilitation.

6. REFERENCES

- [1] S Pasch, M., Bianchi-Berthouze, N., Van Dijk, B., & Nijholt, A. (2009). Immersion in Movement-Based Interaction. *Engineering*, 9, 169-180. Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://discovery.ucl.ac.uk/149580/>.
- [2] Jacob, R.K.J. What you look is what you get: Eye movement-based interaction techniques, In: *Proceedings CHI 1990*, pp. 11-18 (1990).
- [3] Mueller, F., Agamanolis, S., Picard, R.: Exertion Interfaces: Sports over a Distance for Social Bonding and Fun. In: *Proceedings CHI 2003*, pp. 561-568 (2003).
- [4] Pridmore T., D. Hilton, J. Green, R. Eastgate and S. Cobb (2004). Mixed reality environments in stroke rehabilitation: interfaces across the real/virtual divide. *Proc. 5th Intl Conf. Disability, Virtual-Reality & Assoc. Tech.*, Oxford, UK.
- [5] Milgram, Paul; H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies*. pp. 2351-34. Retrieved 2007-03-15.
- [6] Robertson G. G., Card S. K., and Mackinlay J. D., *Non-immersive virtual reality*. *Computer* 26, 81-83.
- [7] Armeo Boom, (2012), retrieved from: <http://www.hocoma.com/en/products/arneo/arneo-boom/features-functions/>
- [8] P. Milgram and A. F. Kishino, Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), pp. 1321-1329, (1994).
- [9] Michael Baran, Nicole Lehrer, Diana Siwiak, Yinpeng Chen, Margaret Duff, Todd Ingalls, and Thanassis Rikakis. (2011), Design of a home-based adaptive mixed reality rehabilitation system for stroke survivors. 33rd Annual International IEEE EMBS Conference, Boston, Massachusetts.
- [10] J. W. Krakauer, (2006), Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation, *Curr Opin Neurol*, vol. 19, pp. 84-90.
- [11] Ishii, H. and Ullmer, B. (1997): Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, *Proc. CHI'97*, ACM Press, pp. 234-241
- [12] M. Leitner, M. Tomitsch, T. Költringer, K. Kappel, T. Greshenig, Designing tangible tabletop interfaces for patients in rehabilitation, in *Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments: Assistive Technology for All Ages (CVHI (2007), M. A. Hersh, Ed. Spain Aug. 2007.*
- [13] Hornecker, Eva (2009). Tangible Interaction. Retrieved 25 June 2012 from http://www.interaction-design.org/encyclopedia/tangible_interaction.html
- [14] Milgram, Paul; H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies*. pp. 2351-34. Retrieved 2007-03-15.
- [15] Dourish, P., *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction* 2001: The MIT Press.
- [16] Romero, P., & Calvillo-Gómez, E. H. (2011). Towards an embodied view of flow. *Second International Workshop on*

- User Models for Motivational Systems (UMMS 2011) (pp. 100-105). Girona, Spain
- [17] Hornecker, Eva and Buur, Jacob (2006): Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. In: Proceedings of ACM CHI 2006 Conference on Human Factors in Computing Systems2006. pp. 437-446.
- [18] Csikszentmihalyi, M. and J. Nakamura, *Effortless Attention in Everyday Life: A Systematic Phenomenology*, in *Effortless Attention*, B. Bruya, Editor 2010, The MIT Press: Boston.
- [19] B. J. Schmeichel and R. F. Baumeister. Effortful attention control. In B. Bruya, editor, *Effortless Attention: A New Perspective in the Cognitive Science of Attention and Action*, pages 29–50. MIT Press, Cambridge, MA, 2010.
- [20] Scott R. Klemmer, Bjorn Hartmann, and Leila Takayama. 2006. How bodies matter: five themes for interaction design. In Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems (DIS '06). ACM, New York, NY, USA, 140-149. DOI=10.1145/1142405.1142429 <http://doi.acm.org/10.1145/1142405.1142429>
- [21] Merleau-Ponty, M., *Phenomenology of Perception*1962, London: Routledge.
- [22] Van den Hoogen W, Ijsselsteijn W, De Kort Y. Yes Wii can! Using digital games as a rehabilitation platform after stroke—The role of social support. *Virtual Rehabil Int Conf.* 2009;195. <http://dx.doi.org/10.1109/ICVR.2009.5174233>
- [23] Hornecker, Eva and Buur, Jacob (2006): Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. In: Proceedings of ACM CHI 2006 Conference on Human Factors in Computing Systems2006. pp. 437-446.
- [24] Bailenson, J. N. (2006). Transformed Social Interaction in Collaborative Virtual Environments. In Messaris, P. and Humphreys, L. (Ed.) *Digital Media: Transformations in Human Communication*. 255-264. New York: Peter Lang.
- [25] Larssen, A.T., et al., Introduction to the special issue on movement-based interaction. *Personal Ubiquitous Computing*, 2007. 11(8): p. 607-608.
- [26] Kneebone, I., Baker, J., & O'Malley, H. (2010). Screening for depression after stroke: developing protocols for the occupational therapist. *The British Journal of Occupational Therapy*, 73(2), 71-75. doi:10.4276/030802210X12658062793843

Developing Reading Skills in Children with Down Syndrome through Tangible Interfaces

Bárbara Paola Muro Haro
IHCLab
School of Telematics
University of Colima
pao_muro@ucol.mx

Pedro C. Santana
IHCLab
School of Telematics
University of Colima
psantana@ucol.mx

Martha A. Magaña
School of Pedagogy
University of Colima
mc2103@ucol.mx

ABSTRACT

This paper describes the results of an experimental study implementing a teaching technological strategy to help Down syndrome children develop their reading skills. The study employed the pedagogical method proposed in “Down syndrome: reading and writing” (DSRW) book, augmented with tangible interfaces, showing favorable results when tested on kids with this syndrome.

This study was developed in three stages:

First, a direct observation was conducted to help us understand the context of applying the DSRW methodology in sessions with Down children without any technological strategy involved. Using the results of the observations, a multi-touch interactive concept design was created which integrates tangible elements and software applications maintaining a pedagogical precision.

The second stage included the evaluation of the first prototype of the design, created to test the reaction of a child with Down syndrome when a child is exposed to the tangible technology.

Finally, the third stage consisted in the evaluation of a second, and more elaborated prototype that is more similar to the conceptual design.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *user-centered design, evaluation/methodology, input devices and strategies.*

General Terms

Human Factors.

Keywords

Down syndrome, tangible interfaces, inclusive design.

1. INTRODUCTION

Statistically, in Mexico, 1 of every 700 births is a child with Down syndrome [1].

By 2010, in Mexico there were 5’739,270 handicapped people of which 8.5% are mentally disabled and 16.3 percent are born with

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC ’12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

a disability [2].

30 years ago, most people with Down syndrome could not read. The reason is that it was considered that they had no ability to do so, and in case of having it, it was thought that it would be useless. In short, they were deprived of learning to read [3].

Nowadays, there are several methods for teaching reading and writing to children with Down syndrome, for example “Down syndrome: reading and writing” (DSRW). DSRW is a book that explains a method developed in 1970. It was published in 1991 and it uses a perceptual-discriminative approach to teach these children to read before they are 5 years old. The priority and fundamental purposes in this method is that the student understands what he reads, fluently, to remain motivated and to keep his interest in reading [4].

One of the conditions of Down syndrome is the deficit of attention. Even though they present this problem, the student will pay attention to the activity if it is of his interest. It is hard for him to concentrate when only oral information is being presented to him, it is therefore appropriate to incorporate other kind of stimulations [5].

In this sense, it was thought of an interesting, stimulating and fun way to expose these children to this learning methodology..

Tangible interfaces have been proved to offer certain benefits in supporting education [6], and had been tested on children with autism (condition that also presents attention deficit) showing favorable results [7].

This paper will present the favorable results produced when adapting the DSRW methodology in an interactive technology using tangible interfaces when tested on kids with Down syndrome.

2. PREVIOUS WORK

Technology supports us in all areas of human life, including education and recently, special education.

Human – Computer Interaction (HCI) is the study of the interaction between humans, computers and the developed tasks; it is focused mainly in knowing how people and computers can interact to perform tasks through systems and software [8]. Nowadays, HCI is very important in the creation of technologies focused in being used by people and this importance becomes relevant when working with disabled people.

An investigation about existent work that combines technology and HCI, for people with Down syndrome is presented below.

2.1 Methodologies for teaching writing and reading to people with Down syndrome

2.1.1 LATCH-ON.

Latch-on is a program of the University of Queensland, Australia. It was developed and put into practice in 1998 [9], especially for young adults with Down syndrome who have had education through their lives. It proposes to impulse the habit of reading using several university libraries, museums and technology (computers). This program lasts two years.

2.1.2 Down syndrome: Reading and writing.

A methodology created by María Victoria Troncoso y María Mercedes del Cerro. This methodology is based in the learning pedagogy of perceptual-discriminative learning. The method is posed in a book/manual [10] which explains from the foundations, theory and data about Down syndrome, its pathology and ways of learning; the correct usage of the method and it also includes the material for its implementation.

2.1.3 See and Learn Language and Reading [11].

This is a program of activities designed for visually strong learners such as Down syndrome children meant to be. It consists of 3 stages and 5 steps. Stage 1: Learners are taught 60 common words without going through the reading comprehension process, and learn the name-object relation. Stage 2: The learners are taught 16 written words and learn how to join words. Stage 3: Learners are able to assemble simple sentences with the more of 70 words that they already have in their vocabulary, teaching certain key words to join sentences

2.2 Technology for the education of people with Down syndrome

2.2.1 Sound beginnings 2.

This software allows the selection of proper sounds, phonemes and words, it also allows to upload and use own images [12]. It can be configured to fit specific requirements, like:

- Gradual revealing of images through sound stimulation.
- Praising the student for saying specific words.

With *Sound beginnings 2* one can also register the individual progress through printable “user records”.

2.2.2 Clicker.

It is a software designed to teach reading and writing by using images and sounds, creating relations, putting sentences together, etc. [13]. It develops hearing abilities, encourages practice to speaking skills with “talking books” created by the professor and it focuses on the form of the language using sentence which is separated in its different components (subject, verb and complement), in which every component is inside a box of a different color.

2.2.3 My first number game.

This is an application developed for the iPod touch and iPad, which makes it a touch application [14]. It is an application that was not designed for people with Down syndrome, but the Down Syndrome Association of Queensland (DSAQ) has acknowledged it as a useful teaching resource for this condition. My first number game is totally customizable; it teaches numbers from 1 to 20. One can create new categories and add new cards using images and voice recordings.

2.3 Technology for the learning of reading and writing for children with Down syndrome

2.3.1 I like to read.

Global reading methodology with computer support [15]. This is software developed by the Down Syndrome Association of Granada (GRANADOWN). Its main characteristics are: it uses a global methodology, individualized, success oriented, applied in a playful and motivating way and using visual material.

This investigation shows that there are very few technologies applied to the teaching of reading and writing to people with Down syndrome. It is also noticeable that most of the teaching methods are based on the perceptual-discriminative pedagogy, but each one has its own limitations.

3. THE METHOD, DOWN SYNDROME: READING AND WRITING

DSRW is a book that explains a method developed in 1970 and published in 1991 that uses a perceptual-discriminative approach to teach children with Down syndrome to read before they are 5 years old.

DSRW uses educational material with specific colors, sizes and fonts that will facilitate the learning process; this material is customizable and adaptable, for it to fit each student’s needs and learning level. All of the material, information and instructions on how to apply the method are published in a book that is now available for everyone through the Internet¹.

Prior using this method, it is recommendable that the kid had already participated in a perceptual-discriminative learning program. It is not a problem if the child has not started to talk, but it is a mandatory that he knows that people, animals, things and actions have names.

For example; when the child hears the word “ball”, he knows what object we refer to, and, even though he does not pronounce it, he locates and evokes it. Likewise, when the word “ball” is presented, the child remembers and evokes it, understanding that the written visual information corresponds to the object known by him as “ball”.

The advantages of presenting a graphic written word on a piece of paper (which is always accompanied by oral information) to the learner versus oral presentation, are two: on the one hand, there is double stimulus because it goes through the visual and auditory pathway; and, the written word stays in sight the whole time, which makes it easier to fix it in memory [16].

4. APPLICATION OF THE METHOD

An example of the use of the method will be explained.

4.1 Material

Image card. It contains an image and underneath the written word that represents it (Figure 1a).

Word card. This card has written on it the same word that is represented in the image card (Figure 1b).

¹<http://www.down21materialdidactico.org/librolectura/index.html>



Figure 1. Image-card and Word-card.

4.2 Exercise

The adult –teacher, familiar- reads the word in the image card repeatedly pointing at it with his finger. Later, he asks the child to read the word in the card.

The adult shows the child the word card and points the fact that both cards (image card and word card) have the same word written on them and then asks him to read what the cards say. After that, the adult indicates to the child to put one word on top of the other saying “put *la casa* over *la casa*”.

The purpose of this exercise is that the learner relates the written words with its correspondent image and the sound of reading it and, in the future, the learner would be able to recognize the word without the image.

5. TANGIBLE INTERFACES

Tangible interfaces give physical form to digital information, employing physical objects both as representations and controls for computational media. Tangible user interfaces (TUIs) match physical representations (e.g., spatially easy to use physical objects) with digital representations (e.g., graphics and audio), yielding user interfaces that are computationally mediated but generally not recognizable as “computers” per se [17].

It has been proven that using tangible interfaces offers some benefits in supporting teaching [6], they have been tested on children with autism, which is a condition with attention deficit that is also found in the DS, demonstrating favorable results [7]. Studies alike [18] show that are useful because they promote an active participation, which helps with the learning process. These interfaces do not intimidate non-expert users and encourage exploratory, expressive and experimental activities.

6. UNDERSTANDING THE DSRW

The followed methodology is based on the User Centered Design approach, which helped us to understand the context of applying the DSRW methodology in the sessions with children without any technological strategy involved.

The used technique for this case of study was direct observation. Direct observation is when the investigator is placed in personal contact with the fact or phenomenon under investigation.

The observations were performed at the Down Institute of Colima. Three sessions with children of different ages and at different levels of the method were observed and recorded in video for later analysis.

The book of DSRW [10] mentions three stages of the reading learning process:

- First stage: Global perception and recognition of written words.

- Second stage: Recognition and learning of syllables.
- Third stage: Progress in reading.

Our sample was: Ricardo, a kid of 3° level² that is in stage 1 of learning; Alex, a teenager of 4° level in stage 3 and Fernando, a young adult in stage 2.

After observing these sessions and analyzing the videos, we got the following findings:

6.1 Ricardo

The main problem with Ricardo was his lack of attention and interest after a few minutes of work. He is distracted by any sound, loses interest and starts to yawn.

The technique that the teacher uses to get back his attention is to ask him to do some exercises with his hands, like touching his nose and in other moments, she “threatens” him with sending him to his classroom and ending the session.

6.2 Fernando

Fernando yawns a lot from the beginning of the session. He pays more attention to the activities but shows certain resistance to do them.

When the teacher asks for his help to do something, Fernando answers that he does not want to help her, so the teacher acts like if the answer hurts her feelings and then Fernando agrees to do the activities.

The teacher uses the technique of giving him activities where he has to draw something, because she knows that drawing is an activity that Fernando enjoys a lot.

6.3 Alex

With Alex we observed a smoother session, his attention is rarely away from the activities and it is noticeable that he gives a little more thought to his answers.

In contrast with the other two students, he only yawned once in the entire session. Also, when he answers correctly and the teacher congratulates him, he smiles and shows a little more motivation.

After analyzing the observations, the following was concluded:

As a professor applying the method, it is important to know your students, to know how to get their attention and engage them into the activities. Also, it is necessary to learn not to show negative reactions when the student makes a mistake and to praise him when he does things right.

Regarding the students, most of them show a lack of interest in the activities and it is notable in their lack of attention. This could be because of the deficit of attention presented in their condition or maybe because the sessions took place early in the morning.

We notice that is necessary to motivate learners with interactive activities, because when they are only repeating words (which is an important part of the method) it is when they show the most lack of interest and boredom.

² The Down Institute of Colima separates the students in levels according to their ages. (E.g., kids from 3 to 6 years are level 1).

7. THE SYSTEM

Using the results previously mentioned as a starting point, tangible interfaces will be used in this investigation [19] with the purpose of proving its feasibility.

The design proposed here, is a multi-touch interactive concept that integrates tangible elements and software applications maintaining pedagogical precision.

The idea for the user interface is a tabletop and a set of digitally augmented tools that would include the educational material used in DSRW (word card and image card) and they will be tagged with augmented reality tags so they can be recognized by the software.

7.1 Design and architecture

As it was mentioned before, our system proposal is the combination of a tabletop, tangible interfaces and software (see Figure 2).

The tabletop consists of a table with a clear surface, almost transparent, where the cards of the educational material will be projected and at the same time, it allows the Reading of the augmented real tags by a web camera.

The tangible interfaces will be physical objects representative of the images or words that are presented to the students. These objects have underneath augmented real tags which are read by a web camera placed under the table.

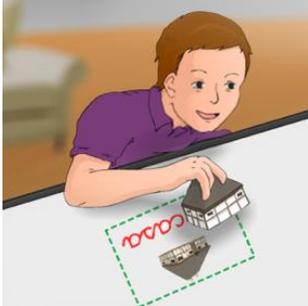


Figure 2. Storyboard of the tangible system

The camera sends the reading to the software specially created for our prototype. This prototype processes it and recognizes if the tag of the toy corresponds to the word card or image card projected on the table, and based on this, it provides feedback to the user.

The software has the characteristics for allowing the adult (teacher, familiar) to create and customize the cards, save certain cards and the sequence that he designs for a specific session with the kid and also store data from the sessions, like the number of right and wrong answers.

Our system also allows the user to move between the cards and activities with gestures like a flick or a tap.

For the system to work, a multi-layer architecture was proposed and described in Figure 3.

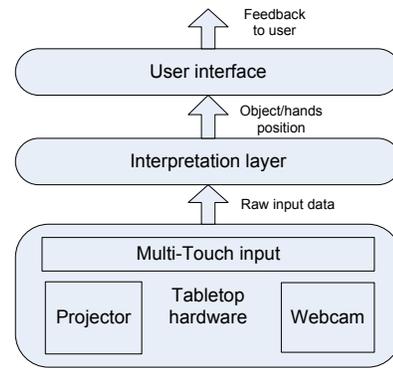


Figure 3. System architecture

The lower layer is the hardware, which generates monitoring raw data in the format of a video sequence, doing this by using a projector and a webcam.

Then, the information is interpreted by the layer that translates the gestures on the surface and recognizes the augmented reality tags.

Finally, the user interface layer generates the visible feedback for the user. It receives the events of the interpretation layer.

8. USAGE SCENARIO

To illustrate the functionality of the system, we present the following scenario of use that describes how a child would interact with the tabletop and the tangible interfaces:

Ricardo is a kid with Down syndrome. He goes to a special school because of his learning needs. Ricardo's school uses the system. Twice a week, Ricardo has personal sessions with his teacher where she teaches him to read and write using the tabletop. Ricardo is just starting with the method, so his teacher is teaching him to relate words with images and sounds.

Today, Ricardo's teacher asks him to do an exercise where he has to relate a word with its image, on the tabletop a word card is projected and he has three tangible objects in front of him, he has to choose an object that represents the word that he is seeing projected on the tabletop. Once Ricardo has made his election, he places the object on the corresponding area and the system indicates him whether he is right or wrong.

9. PRELIMINARY EVALUATION

A first prototype was created to test the reaction of a child with Down syndrome when a tangible technology is presented to him, the way he might interact with it and see if it generates any interest in the child.

This prototype was made using a tablet to simulate the touch surface. The tablet was in the middle of a wooden frame to represent the table.

Some toys were chosen to be the tangible interfaces: a house, a car, a bed and a chair (see Figure 4).



Figure 4. First prototype

To simulate the functionality of the system in the tablet, we saved in it the educational material (word card and image card) as a PDF document.

9.1 Testing the first prototype

The potential advantages of tangible interfaces cannot be perceived until they are situated in an interaction context. Preliminary evaluations are an ideal mechanism to go beyond current practices and allow us to get involved in the design process and visualize new schemes of application in a simple and economic way [20].

To explore the feasibility of the conceptual design, a preliminary evaluation was conducted, testing the scenario of use and the prototype with a kid with Down syndrome, his parents and a teacher (see Figure 5). These evaluations were video recorded and photographed.



Figure 5. Preliminary evaluation

The evaluation took place in the learner's house. It included two main phases. First, the parents were informed about the process and the method was discussed. Later, we showed the prototype to the student pointing its functionalities and we explained to him the activities to be carried out in the session.

Before initiating the test, we presented to the student the words that were used in the evaluation and performed a few warm up exercises so he would remember the method. Finally, the scenario of use was applied.

9.2 Results

After analyzing the videos and the observations of the evaluators, the following was concluded:

During the preliminary evaluation, the student with Down syndrome found interesting and exciting the fact that the system improves the interaction that he generally has with the method.

It was noticeable during the whole session a constant attention and a permanent expression of joy and interest. An important result was that the child maintained his attention in the activities all the time, without the need of instructions or additional encouragement for him to continue working.

By the end of the session, the child did not want to stop interacting with the prototype and he, by his own initiative, continued working with it.

10. THE SECOND PROTOTYPE

After the first evaluation, we noticed that in order to have a better context of the interaction with the system and observe the

reactions of the learners, we needed to create a more elaborated prototype that is more similar to the conceptual design.

The tabletop was built (see Figure 6), the interaction software was created and we used the same toys used in the previous evaluation as the tangible objects. In addition, we created physical word cards to be used as tangible interfaces in order to perform a complete cycle of exercises (relation word-image).



Figure 6. Prototype tabletop

The prototype consisted of a table with clear surface that underneath had a projector and a mirror so the images would project on the tabletop. The projector was connected to a computer running the sample software.

10.1 Evaluation

The test took place in the Down Institute of Colima facilities with three children, the same three who were object of the direct observation conducted at the beginning of this investigation.

For this evaluation, one evaluator, three observers and the two teachers in charge of the application of the DSRW method in the school attended the sessions.

The sessions were video recorded and the observers took photographs and notes. The evaluation was carried out following a protocol of evaluation that described each step along the whole test, as follows:

First, we applied a structured interview to the teacher asking her experience in special education, and more specifically, with the method. Then, we explained to her the concept of the system, the design and the functionality of the prototype. Finally we asked some questions about the opinion that the teacher could create about the system from the given explanation.

After the introduction with the teacher, the evaluation with the students started. The sessions with the students took no more than 20 minutes. All the sessions started with the evaluation team introducing themselves and giving a brief introduction of the reasons of why the student was there and what was wanted from him.

Following the introduction, the evaluation started with a warm up exercise as a reminder of the method where the student read four image-cards projected on the tabletop.

The words used in all the educational material for this evaluation were: the house (*la casa*), the car (*el carro*), the bed (*la cama*) and the chair (*la silla*).

After the warm up exercise, each student performed 3 activities:

- Reading of 4 word cards projected on the tabletop.

- Relation of the tangible interfaces (toys) with the projected word cards on the tabletop.
- Relation of the tangible interfaces (word card) with the projected image cards on the tabletop.

At the end of the three evaluations with the learners (see Figure 7), a final interview was made to the teacher asking her observations in the sessions about the reaction of the children, differences between the activities carried out in a traditional way and the ones using the system, and also their general opinions.

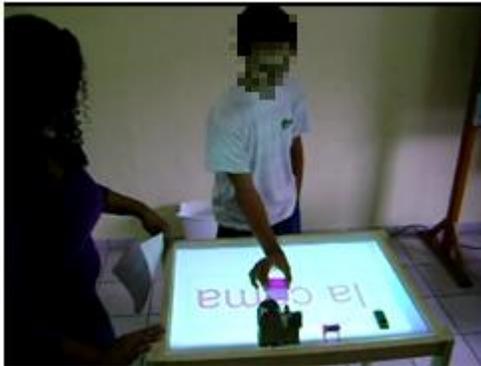


Figure 7. Second evaluation

10.2 Results

Thanks to the analysis of the videos, the notes and the observations from the evaluator, the observers and the teachers, the following results were obtained:

During the sessions, the students showed interest and curiosity when interacting with the prototype. They were anxious to handle the tangible interfaces and place them where they were asked to. One of the students, a shy one, made the “thumb up” signal to his teacher when he thought the evaluator was not watching.

The opinions of the teachers were very positive, mentioning “I observed that they (the learners) were fascinated” and said that maybe the learners would learn faster with the interaction that the system allows them to have and that having this kind of technology would make them feel more integrated to society because then they would also know how to use technology.

One of the teachers made a comparison with software that the kids use in computers at school called “activities with Pipo”, saying that with the computer the learners need to interact with the mouse and it is not very easy for them, and if they do not have a monitor they get bored because of this. With the prototype, the fact that the material is tangible and easily manageable, it complements the activities and makes the interaction much easier.

The general opinion of the first teacher was “wow!” and she would really like to use the system once it is finished. The second teacher commented that she was very interested in learning how to implement the system in regular classes.

11. CONCLUSION

This work proposes to improve the process of the learning of reading and writing of children with Down syndrome through the usage of tangible interfaces. An interactive system was designed that presented favorable results in preliminary evaluations, taking into account that the measures were the interest of the user with

Down syndrome towards the system and the focused attention to the activities.

In the second evaluation, the results were very pleasant, because it was used a more faithful prototype to the concept design, also measuring the acceptance of the users with Down syndrome. The users showed enthusiasm, curiosity, excitement and desire to participate in the activities.

In addition to this, the system obtained good reviews from the teachers that attended the evaluation sessions. They also showed enthusiasm towards the system, wanting to learn how to use it and asking for it to be presented to the institution once it is finished.

With the implementation of this system we pretend to generate a positive impact on the kids with Down syndrome and, eventually, support the DSRW method to perform better through the use of technology.

Our further work consists of the enhancement of the prototype to have even closer to the desired final design and test it in long terms. In this third evaluation we want to measure the progress through several months and comparing it to the teaching of the method in a traditional way. The final objective is to see if the learning process with our system is faster and better than the traditional methodology.

12. ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Down Institute of Colima for their collaboration and facilitations for us to do our study and tests.

Thanks to the students Sergio Zamora, Hector Quintero, Eneida Sánchez and Nashielly Merlín of the IHCLab Research Group at the University of Colima for their help in the realization of the tests and building the second prototype.

13. REFERENCES

- [1] Cruz Martínez, Á. México, rezagado en socialización de personas con síndrome de Down. *La Jornada*. 25 de Abril de 2008.
- [2] INEGI. Discapacidad en México. <http://cuentame.inegi.org.mx> (2010).
- [3] Down 21. Lectura y escritura. http://www.down21.org/web_n/index.php?option=com_content&view=article&id=1136:lectura-y-escritura&catid=92:educacion&Itemid=2084 (2000).
- [4] Troncoso, M. V. Características de los alumnos con síndrome de Down. http://www.down21.org/web_n/index.php?option=com_content&view=article&id=1136%3Alectura-y-escritura&catid=92%3Aeducacion&Itemid=2084&limitstart=3 (2000).
- [5] Troncoso, M. V., Del Cerro, M. Características del método. http://www.down21.org/web_n/index.php?option=com_content&view=article&id=1136%3Alectura-y-escritura&catid=92%3Aeducacion&Itemid=2084&limitstart=3 (2001).
- [6] Marshall, Paul. Do tangible interfaces enhance learning?. In *TEI'07* (2007).
- [7] Keay-Bright, Wendy. Tangible Technologies as Interactive Play Spaces for Children with Learning Difficulties: The Reactive Colours Project. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society* (2008).

- [8] Martínez de la Teja, G. M. Ergonomía e interfaces de Interacción Humano - Computadora. *IX Congreso Internacional de la Ergonomía, México, D.F.* (2007), 8.
- [9] Moni, Karen B. y Jobling, Anee. LATCH-ON: A program to develop literacy in young adults with Down syndrome. *Academic Research Library* (2004), 44.
- [10] Troncoso, M. V., & Del Cerro, M. M. Síndrome de Down: Lectura y escritura. *Fundación Iberoamericana Down 21* (2009).
- [11] International Down syndrome Education. See and Learn. <http://www.seeandlearn.org/en/gb/language-reading/> (2011).
- [12] Black, Bob. Educational software for children with Down Syndrome -an update. *Down Syndrome News and Update Vol. 6* (2006).
- [13] Ltd., Crick Software. Clicker & Special Needs - Speech or Language Impairments. *Clicker web site* (2011).
- [14] Inc., Down Syndrome Association of Qld. Technology for children and adults with Down Syndrome. <http://dsaq.probitypartners.com.au/down-syndrome-information/technology> (2011).
- [15] Álvarez Martínez, S., López-Moratalla López, I. Me gusta leer: método de lectura global con soporte informático. *Granada: Proyecto Sur Industrias Gráficas, S.L.* (2008).
- [16] Troncoso, M. V., Díaz-Caneja, P. Perspectiva histórica. http://www.down21.org/web_n/index.php?option=com_content&view=article&id=1136%3Alectura-y-escritura&catid=92%3Aeducacion&Itemid=2084&limitstart=2 (2000).
- [17] Ullmer, B., Ishii, H. Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39 (2000), 3-4.
- [18] Carreras, A., Parés, N. Diseño de una instalación interactiva destinada a enseñar conceptos abstractos.
- [19] Pedro C. Santana Mancilla, Bárbara Paola Muro Haro. Tangible Interfaces to Support the Teaching of Reading and Writing to Children with Down syndrome, *IEEE Learning Technology Newsletter, Vol. 13, No. 2* (2011), 9-12.
- [20] P. C. Santana, L. A. Castro, A. Preciado, V. M. González, M. D. Rodríguez and J. Favela. Preliminary Evaluation of Ubicomp in Real Working Scenarios. In the *proceedings of the 2nd Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces (MU3I) at IUI 2005* (2005).

Methodology for the Development of Vocal User Interfaces

David Céspedes-Hernández¹, Juan González-Calleros¹, Josefina Guerrero-García¹

¹Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 14 Sur, Puebla, México
Tel: +52222{229 5500}

dcespedesh@gmail.com, {juan.gonzalez,
jguerrero}@cs.buap.mx,
lilianavizz@hotmail.com

Jean Vanderdonckt², Liliana Rodríguez-Vizzuett¹

²Louvain School of Management, Louvain Interaction Lab, Université catholique de Louvain, Place des Doyens 1, Louvain-la-Neuve, Belgium
jean.vanderdonckt@uclouvain.be

ABSTRACT

Natural User Interfaces allow users to interact with systems similarly as they interact with people. Human communications occur, mostly, in an oral way, since personal dialogs to phone calls and more recently in complain or information systems; the tendency is to automate some of these activities so the user might complete tasks in a more efficient way. The necessity for having a methodology that supports the development of vocal interfaces is therefore taking interest on it. The objective for this sample paper is to establish a methodology and to describe a set of rules that might be used for developing a software tool to generate code for multiplatform vocal User Interfaces from models.

Categories and Subject Descriptors

H5.2 [Information interfaces and presentation]: User Interfaces – Prototyping; user-centered design; user interface management systems (UIMS).

General Terms

Design.

Keywords

User Interface, Vocal Interaction, Model-Based User Interface Development, User-Centered Design.

1. INTRODUCTION

In the last few years, Natural User Interfaces (NUI) have become interesting for the scientific community. A NUI is defined as an interface that allows the user to interact with a system using as interaction techniques natural mechanisms, for example, the language used to order a pizza.

This paper is centered on the study of those NUIs that use verbal communication as interaction technique. Dialog systems are software designed with the ending of emulating the dialog of a human being with another one. Nowadays, some enterprises and institutions use this kind of system for giving information and

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

automatization of services like information and reservation of airplane trips, meteorological information, food ordering and reservation of train trips.

By the nineties, web services with human voice support appeared, encouraging the creation of label based languages that assist the development of software systems capable of interacting orally with web pages.

Voice eXtensible Markup Language (VoiceXML) (<http://www.w3.org/TR/voicexml20/>) is the World Wide Web Consortium (W3C) standard format for human-computer vocal interaction applications. Its main utilities are speech tuning and recognition, but other features are dialog management and auditory feedback.

Microsoft Kinect SDK (Software Development Kit) (<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.aspx>) is a toolkit that along with other things allows the use of a microphone array with noise and echo cancellation, “beam formation” for identifying the audio source and integration with the API of Microsoft speech recognition (<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.speech.recognition>). Its features enable that when using Kinect SDK and the API of Microsoft speech synthesizer (<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.speech.synthesis.aspx>) it is possible to obtain applications that simulate vocal dialog between the user and the system.

Profile eXtensible HyperText Markup Language + Voice (XHTML+Voice) (<http://www.w3.org/TR/xhtml1/>) brings spoken interaction to standard World Wide Web (WWW) content by integrating a set of mature WWW technologies such as XHTML and eXtensible Markup Language (XML) events with XML vocabularies developed as part of the W3C Speech Interface Framework. The profile supports voice synthesis and speech recognition for command and control actions as for user dialog.

User Interface eXtensible Markup Language (UsiXML) (<http://www.usixml.org/>) is a XML compatible label based language for describing User Interfaces (UIs) for multiple use contexts, such as Graphic User Interfaces (GUI's), Auditory User Interfaces (AUI's) and multimodal UIs. UsiXML is sustained by diverse tools that allow the exchange between applications with different interaction techniques, use modalities and computing platforms so the design of the interfaces remains regardless of the hardware platform.

The main purpose of this paper is to describe the design of a concrete model, as well as the mapping of an interpreter that allows the transformation of the code generated for VoiceXML,

XHTML+Voice or Microsoft Kinect with Microsoft speech synthesizer so it might be used by UsiXML and vice versa.

2. STATE OF THE ART

The evolution of interactive systems reached a point where today's research is centered in the development of NUIs, this is evident from the observation of the tools and new technologies offered in the market. Gone are the days when the command line was the reigning interaction style and the beginning of the end of mouse pointer manipulated GUIs is arriving. This obeys at least two reasons, first the technological advancement that allows processing large amounts of data resulting in quick processing of natural interaction data and second that, when well designed, the nature of this techniques make the interaction easier and more intuitive. Since the user speaks instead of writing and listens instead of reading, the interaction appears in an easier way for him/her.

Speech is the most commonly used communication method by the human being, as consequence of this, voice synthesis for playing sound and speech recognition are a couple of highly developed knowledge areas. Taking this into account, experts in Human-Computer Interaction (HCI) predict that vocal interaction as well as other interaction modes within NUIs will be part of the future of software development.

The current challenge is not only in finding a methodology that supports vocal interfaces development but in creating technological tools for interoperability support considering different use contexts. It is hard to imagine a solution for vocal interfaces that cannot be adapted to other use contexts; this is why it has to be considered while realizing the methodology for development that it is not an isolated entity to solve a particular problem. Instead of this, it has to be considered a generality of options to be solved; this is the main reason that takes to think on a model based solution where methodological knowledge for vocal interfaces development gets consolidated.

As part of the UsiXML project, several tools had been developed. Those tools may be classified in its most as: editors, generators and interpreters. Each of these tools has its particular function.

The purpose of editors is to provide an environment for multiple platform interfaces creation, without requiring experience from the designer, so they can be exported to other languages or saved in UsiXML. As examples of UsiXML editors there are GrafiXML, VisiXML, SketchiXML, IdealXML, PlastiXML and ComposiXML.

Generators, as its name indicates, generate or produce code. This kind of tools work along with tasks and workflow models and take them as base for generating multiplatform UIs in an abstract as in a concrete level. KnowiXML, IKnowYou, UsiXML for Rich Internet Applications and UsiXML4All code generator are code generators belong to UsiXML Project.

The function of interpreters in UsiXML is to take a UsiXML compatible UI and render it for creating a functional interface besides from offering the possibility of resizing and setting constraints to adapt an interface to a determined platform (Interface Plasticity).

There are some other tools that have as main functionality the creation of adequate UIs from tasks, user and workflow models [6]; creating interfaces from others by applying reverse

engineering [17] and for creating UIs with support of virtual reality [15].

The direct antecedent to this project is described as the definition of a code generating tool proposed in MultimodaliXML [14] where the objective of applying a set of XSL transformations over the specification of a concrete vocal UI model is mentioned, but it did not reach the implementation phase.

3. METHODOLOGY

3.1 Model Driven Approach

The development of virtual environments faces growing difficulties that had been confronted using the model based paradigm or MDA promoted by the Object Management Group (OMG), examples for this are [5], [12] and [3].

MDA is an OMG initiative that proposes to define a set of non-proprietary standards that will specify interoperable technologies with which to realize model-driven development with automated transformations. Not all of these technologies will directly concern the transformation involved in MDA. MDA does not necessarily rely on the UML, but, as a specialized kind of MDD (Model Driven Development), MDA necessarily involves the use of model(s) in development, which entails that at least one modeling language must be used. Any modeling language used in MDA must be described in terms of the MOF language to enable the metadata to be understood in a standard manner, which is a precondition for any activity to perform automated transformation [19].

The MDA paradigm incorporates a standard for the establishment of the components that integrate an Interactive system development methodology, these components are:

- **Models.** A set of models describe the elements that conform a UI: task, data model, user profile, graphic presentation and behavior. Models use UML class diagrams for capturing the abstraction of the modeled reality.
- **Language.** For specifying the models in some way the computer might process a User Interface Definition Language (UIDL) is required. That language allows designers and developers to exchange, communicate and share fragments of the specification so the software tools can operate on them. For this purpose, once the abstraction and the modeling is completed, UsiXML [13] will be used because it is supportive of the MDA. Its selection is based on the revision of existent documents [6] but the solution (model) is not only applicable to this language but to any other UIDL. The revision and comparison of several UIDLs has been realized and is accessible for its consult [7].
- **Software.** A methodology must be supported by software tools and its interoperability has to be ensured at least theoretically.
- **Approach.** This refers to paradigm used for giving an order to the UI development methodology steps. The process of design begins with a tasks model developed under a gradual approach for ending in the definition of the UI [2]. The approach is based on the Cameleon Reference Framework [1] which consider four development phases:
 1. **Tasks and concepts (T & C):** describe user tasks; they are concepts referent to data models that are required for doing these tasks.
 2. **Abstract User Interface (AUI):** define abstract containers and interaction individual components. Tasks are associated to

containers for its execution or to individual objects for its manipulation. An AUI is considered as an abstraction of a Concrete UI with respect to the interaction modality. At this level, the UI is composed mainly by the definition of the system inputs and outputs but does not define the modality to be used (graphical, vocal, tactile).

3. Concrete User Interface (CUI): the CUI defines an interaction modality and is composed by elements that describe it, Concrete Interaction Objects (CIOs) for defining the design widgets and the navigation through the interface. The CUI is computing platform independent and although it makes explicit the aspect and behavior of the UI, it is still a model only working for a particular environment. A CUI may also be considered as a reification of an AUI in the superior level and an abstraction of the Final UI with respect to the platform.
4. Final User Interface (FUI): corresponds to the operational elements, this means, the run time UI over a determined computing platform.

In order to support the modeling of the above seen levels, there are methods and transformation rules for different use contexts. The transformational development of the UI finds its motivations in the concept of heterogeneity of information systems. For this case, heterogeneity refers to the variety of use contexts for those which the UI was designed for. This heterogeneity makes a stand on the necessity of abstracting the pertinent details from specific contexts. It is possible to obtain specific representations from these abstractions. The advantage of accessing to those representations is the ability for reasoning about a unique model (task model) and to obtain many different UIs.

Models and transformations for models are expressed in UsiXML. Thanks to this language it is possible to develop and spread quickly a wide range of UIs for different computing platforms, with different interaction modalities and for diverse use contexts.

3.2 Establishment of the Methodology

For establishing the methodology, the three tools mentioned in the introduction are considered: VoiceXML, XHTML+Voice and Microsoft Kinect with Microsoft speech synthesizer. The first step consists on compare the elements that form each one of them. In Table 1 the resumed comparison of these elements is shown.

Voice-XML	XHTML + Voice	Kinect with speech synthesizer
<audio>	<audio>	Speak()
<prompt>	<prompt>	Prompt()+Speak()
<record>	<record>	Start()+Stop()
<field>	<field>	Start()+Stop()

Table 1. Summarized comparison between tools that support vocal interaction.

The second step consists of detecting the main components and analyzing their function, as in step 1, when a tool does not support a function qualified as important in an explicit way, it was necessary to join two or more methods or attributes for performing and establishing the bases for the methodology. Table

2 shows in a summarized manner how the analysis was made and the main functions were found. The full comparison consisted of a list of 63 elements.

Once the comparison and the analysis are made, it is possible to propose a model that represents how vocal interaction could be applied and how vocal UIs can be developed by having the tasks' model. Figure 1 shows the proposed model for vocal interaction with context awareness.

The two main components of the model are the context model and Vocal Concrete User Interface (VocalCUI), the context model describes the three aspects of a context of use in which an end user is carrying out an interactive task with a specific computing platform in a given surrounding environment: context, platform and the user itself [20].

Voice-XML	XHTML + Voice	Kinect with speech synthesizer	Function
<audio>	<audio>	Speak()	Synthesizes Audio form a source
<prompt>	<prompt>	Prompt()+Speak()	Synthesizes a given message
<record>	<record>	Start()+Stop()	Records the audio input
<field>	<field>	Start()+Stop()	Waits for the user's audio input

Table 2. Summarized comparison between tools that support vocal interaction with functional analysis.

A User model consists of a user stereotypes. A user stereotype is any set of users sharing similar characteristics. Stereotypes can be arranged in hierarchy. As so, a stereotype can be decomposed into sub-stereotypes. For this model, a modification was made to the user stereotype; cultural information is added as an element of the user because it plays an important role in vocal interaction by affecting the intonation, the language, and the grammar to be used for speech recognizing and for speech synthesizing.

A Platform model captures relevant attributes for each couple software-hardware platform and attached devices that may significantly influence the context of use in which the user is carrying the interactive task. This context model has been developed in Experiences with Adaptive User and Learning Models in eLearning Systems for Higher Education 3. A platform specification can consist of a series of physical hardware devices (hardware platform components), a series of software components (software platform), the characteristics of the network to which the platform is connected, the capability to support wireless (WapCharacteristics), and the capability of browsing web pages (BrowserUA) but for this purpose, the only elements considered are software and hardware platform.

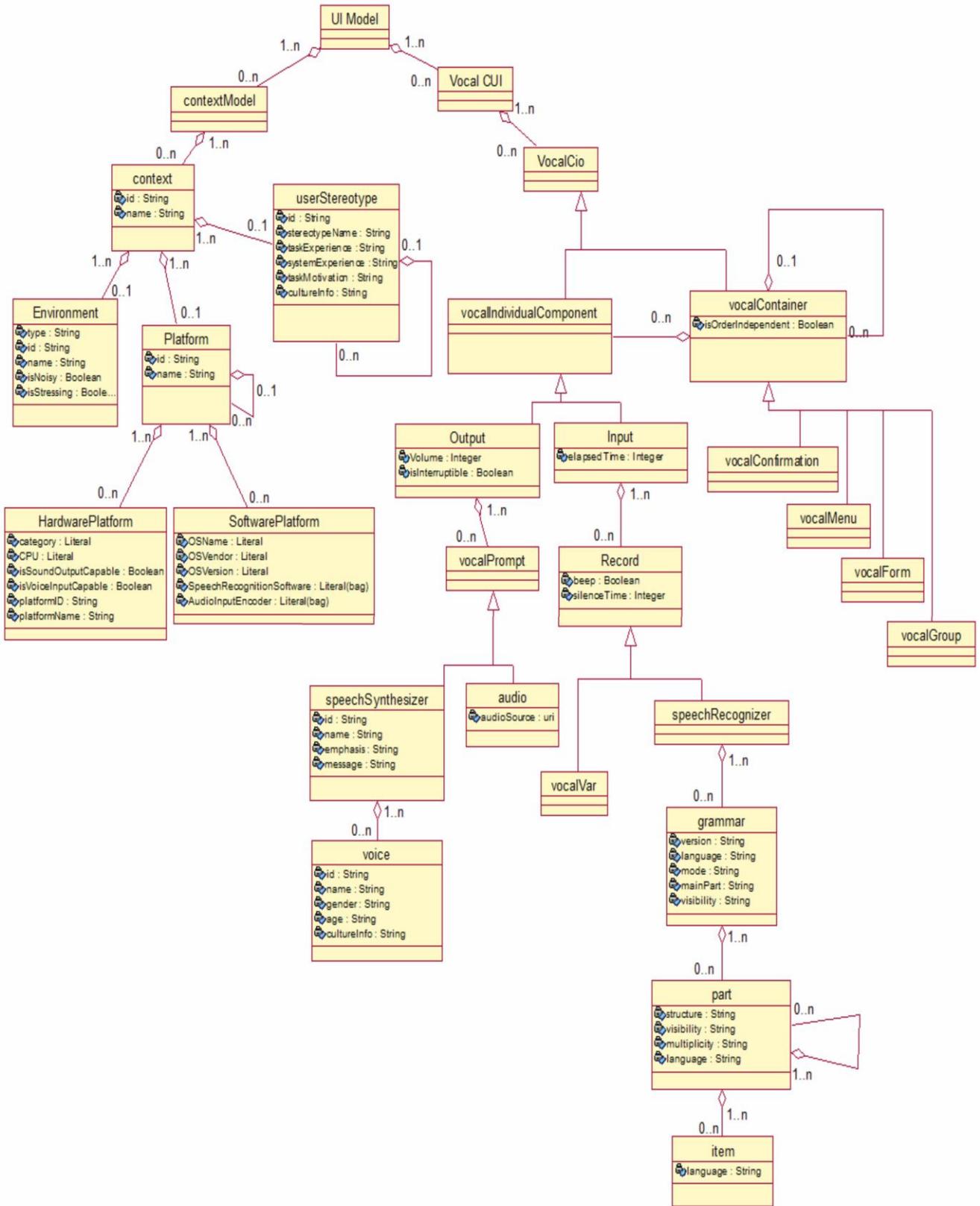


Figure 1. Vocal UI model with context awareness.

An Environment model describes any property of interest of the physical environment where the user is using the UI on the computing platform to accomplish her interactive tasks. Such attributes may be physical (e.g., lighting conditions), psychological (e.g., level of stress), and organizational (e.g., location and role definition in the organization chart). In the model presented, the environment model is summarized in order to present only the determinant characteristics for the type of interaction that it tends to represent.

3.3 Elements that Conform the Vocal UI Model

Vocal CUI is formed by Vocal Concrete Interaction Objects (VocalCIOs), which are divided into Vocal Individual Components and Vocal Containers.

VocalContainers represent a logical grouping of other containers or individual components and inherit the *isOrderIndependent* attribute which indicates if the inputs of the container can be filled in any order or not:

VocalGroup: is the root element of all vocalCIOs. A *VocalGroup* Acts as a basic container for all containers and components.

VocalForm: enables a dialog whose purpose is to synthesize/collect data from the system/user.

VocalMenu: allows choosing among different items.

VocalConfirmation: requests from the user a confirmation of a previous input. It is composed of a *vocalPrompt* that solicits the confirmation followed by an input gathering the user's input. For instance, "Do you want to delete this file? Say Yes or No".

VocalIndividualComponents are VocalCIOs contained in a *VocalContainer*. Two *VocalIndividualComponents* are introduced:

Output: is an object used for presenting data to the user. The *volume* attribute specifies the sound volume expressed in Db (decibel) while the attribute *isInterruptible* specifies if the output can be interrupted by a user's utterance.

Input: is an object used to gather input from the user by speech recognition or audio recording. The *elapsedTime* attribute is the time frame expressed in seconds during which the user is allowed to utter the input.

Those individual components use objects for synthesizing and storing data, the *Output* object uses a *vocalPrompt*.

A *vocalPrompt* is an object that prepares data to be presented to the user; this object is as well divided onto two different objects depending on the source of the data:

- *SpeechSynthesizer*: is used to do a text-to-speech transformation of the message given in the message attribute. The *emphasis* attribute expresses the dominant tone according to which the *vocalOutput* will be synthesized: positive, negative, interrogative, exclamative. This object uses the object *voice* for establishing other parameters in order to complete the emission of the message. The *gender* attribute is used to specify if the voice to be played corresponds to a male, female or neutral individual. *Age*: is an attribute to determine the age of the *voiceFont to use* (e.g. child, teen, adult, senior). *CultureInfo*: First introduced in this model, this attribute represents the language or grammar level for presenting data to the user.

- *Audio*: is employed to play audio prerecorded files. The *audioSource* attribute specifies the URI of the audio file to be played or the name of the reference where the recorded file is stored.

The input individual component uses a *Record* object in order to gather the information that the user provides.

A *Record*: is an object used to record a vocal message of the user and when specified can be divided into a *vocalVar* and /or a *speech Recognizer*. If the *beep* attribute is set to TRUE, an acoustic beep is emitted by the system announcing the availability of the recording. If set to false (the default value) no beep is emitted and the user can start to record immediately after the prompt. The *silenceTime* attribute is the silence time period that determines the record to be stopped. It is expressed in milliseconds or seconds.

vocalVar: used to declare a variable. May use functions and conditions such as *setVar*, *resetVar*, *if*, *elsif* and *else*.

The *Speech Recognizer* is software that as its name says, realizes speech recognition, the *speech Recognizer* uses *grammar(s)* as well as *parts* and *items*.

Grammar is a structured and compacted enumeration of a set of utterances (i.e., words and phrases) that constitute the acceptable user input for a given input. The grammar can be internal (i.e., it is specified within the document) or external (i.e., it is specified in an external file). The *version* attribute indicates which version of the grammar specification is being used. The *language* attribute indicates according to which language the utterance has to be pronounced in order to be recognized by the system. The specification of the language takes the form of the couple: the name of the language followed by the country in which it is used (e.g.: English-UK). The *mainPart* attribute is the first part of the grammar that will be treated by the system. The *mode* attribute specifies the available interaction type. The default type is voice for voice-based interaction, whereas for phone-based interaction the value is dtmf. The *visibility* attribute specifies the visibility of the grammar. If set to document the grammar is active throughout the current document. If set to form (the default value) the grammar is active throughout the current *vocalForm*.

Part: contains other part elements or available input items. The *structure* attribute specifies how the user's inputs should be uttered in order to be recognized by the system. There are three possible values: choice (i.e., the grammar items are alternative inputs), sequential (i.e., sequence of grammar items that have to be uttered one after another in the order of their appearance) or asynchronous (i.e., sequence of grammar items in which the items do not have any particular order of utterance). The *visibility* attribute specifies the visibility of the part component. If set to private (the default value) the part component can be used only by the containing grammar. If set to public the part component can be referenced by other grammars. The *multiplicity* attribute indicates how many times the enclosed items may be repeated. The default value is 1.

The multiplicity is defined as follows:

- X (where X>0): the items are repeated exactly X times.
- X-Y (where 0≤X<Y): the items are repeated between X and Y times (inclusive).
- X- (where X≥0): the items are repeated X or more times.

The *language* attribute indicates in which language the items have to be pronounced in order to be recognized by the system. The specification of the language takes the form of the couple: the name of the language followed by the country in which it is used (e.g., French-CA). If it is not specified, it inherits the value from the language attribute of the embedding grammar element.

Item: enables to specify a grammar input or to reference another part element. The language attribute indicates in which language the item has to be pronounced in order to be recognized by the system. The specification of the language takes the form of the couple: the name of the language followed by the country in which it is used (e.g.: French-CA). This attribute allows mixing multiple languages in the same grammar. If it is not specified, it inherits the value from the language attribute of the embedding part element.

4. CASE STUDIES

As a test for the proposed model and for a better understanding of it, graphical examples representing dialogs between the system (S) and the user (U) are shown:

The dialog in Figure 2, describes the fulfillment of the *Provide age* task by an end-user. A *vocalPrompt* is necessary for containing the other objects that are used in the interaction (input, output, vocalConfirmation). Considering the direction of the dialog from left to right, the first output is used to welcome the user and invites to input the age.

Then, an input object is necessary for gathering the information the user provides, in this case the age. This information may be saved into a *vocalVar* or recorded to a file so the system can access to it and by applying speech recognition (with the speech recognizer) make a supposition on what the user said. Later, the system provides a confirmation to the user by emitting an output conformed by the phrase “Your answer was” plus the synthesis of the word that it recognized. And finally as part of this confirmation the system uses an input so the user can confirm or deny.

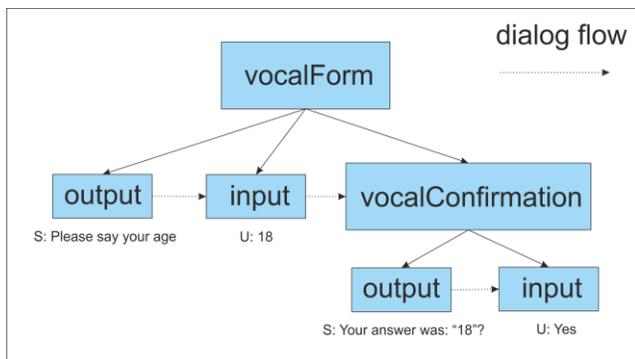


Figure 2. VocalCIOs involved in the fulfillment of provide age task.

In Figure 3, the dialog describes a vocal interaction application of a phone company where users can select among different options. There are two tasks involved, for the first one the user provides the name to the system and for the second one, s/he selects among three proposed options. As in the first example VocalCIOs are contained by a vocal Form. Considering the direction of the

dialog from left to right, the first object presented is an output, where the system introduces and invites the user to say the name. After this is done, the system receives the input from the user and uses a *vocalMenu* container in order to present to the user the available options.

For this proposal, the system produces an output for each item or option and after presenting them, expects for the user to choose one of them. The user selects an option and realizes the input to the system; the system, as in the previous dialog recognize the selection, provides a confirmation and in this case, proceeds to a determined part of the software program that might be another vocal Form or other vocal container.

This examples, made evident the necessity of a set of rules or equivalences that determine how to generate code from the tasks or interaction models for any of the above mentioned languages.

In A Methodology for Developing Multimodal User Interfaces of Information Systems [14], a similar analysis is done but for the multimodal domain and in a higher abstraction level. Taking the principles explained there and adding the concepts seen in the proposed model, the following rules and equivalences are identified:

- *Output*: <prompt> or <audio> for VoiceXML and XHTML+Voice and prompt() and/or speak() for Microsoft speech synthesizer.
- *Input*: <field> or <record> for VoiceXML and XHTML+Voice and prompt() and start()-stop() for Microsoft Kinect. For recognizing the input, it is necessary to use a grammar with items on it. For VoiceXML and HTML+Voice this is implemented using the <grammar> and <item> fields, while in Microsoft Kinect this is done by the Microsoft speech recognizer and may also be configured.
- *vocalMenu*: a vocal menu can be divided into two different parts, one to present the set of options for the user: <prompt> or <audio> for VoiceXML and XHTML+Voice and prompt() and/or speak() for Microsoft speech synthesizer and the other one to gather the selection from the user: <field> or <record> for VoiceXML and XHTML+Voice and prompt() and start()-stop() for Microsoft Kinect. Functions and conditions (e.g. if, else, elsif, oneof, foreach) as well as variables may be used to organize, to evaluate and execute user's choices.
- *vocalConfirmation*: a vocal confirmation is necessary when a selection is made by the user; to implement this an *output* and an *input* is necessary

Other structures and objects like combo boxes, radio buttons, check boxes and list boxes can be implemented following this set of 4 rules or equivalences.

5. CONCLUSION

In this paper, the establishment of the methodology for development of vocal UI settled the bases for a software tool so it might be possible for designers and non expert developers in the vocal UI area to design and create this kind of interfaces by only abstracting the components needed for it. Along with the transformation rules, the developer can do migration of already existing projects from one of the analyzed languages to one another or apply reverse engineering for this purpose.

Another important point that was mentioned is the aggregation of the context model to the vocal UI model, because in this particular case (vocal interaction), aspects like culture, the used platform

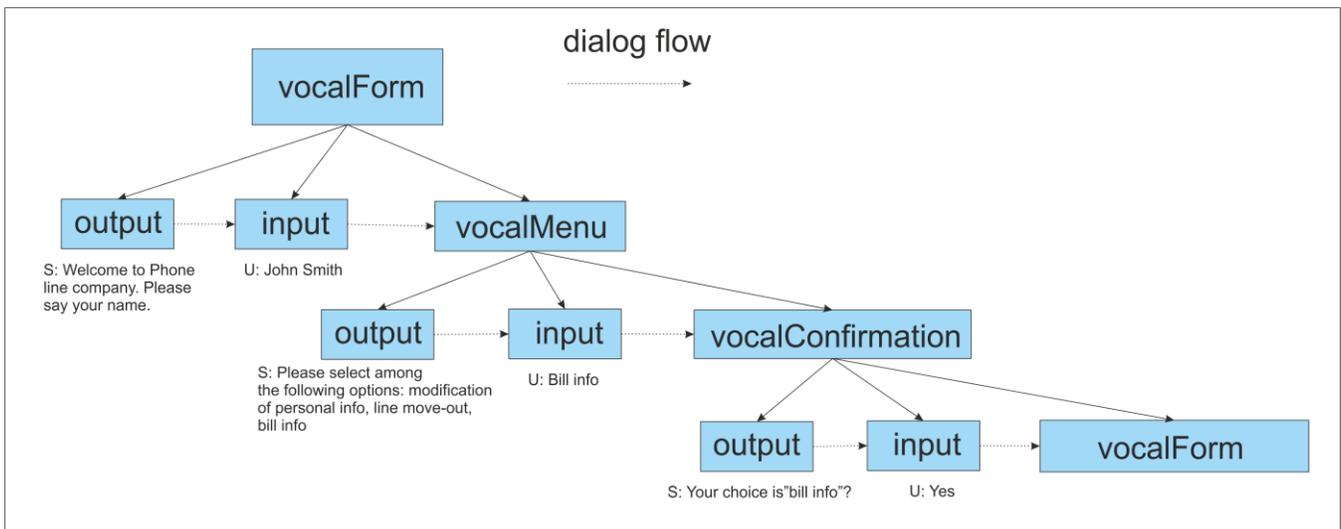


Figure 3. VocalCIOs involved in the Phone line company example.

and the environment itself represent an important factor in the success or not of the system performed.

In the near future, the objective is to implement the software tool that supports the model and transformation rules as well as apply a reverse engineering process to existing applications and recreate them for a multiplatform context.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We gratefully acknowledge the support of the ITEA2 Call 3 UsiXML project under reference 20080026, the Mexican PROMEP/103.5/12/4367 project, and the Computer Sciences Faculty of the University of Puebla.

7. REFERENCES

- [1] Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L., Vanderdonckt, J.: A Unifying Reference Framework for Multi-Target User Interfaces. *Interacting with Computers*, Vol. 15, No. 3, June 2003 289–308.
- [2] Cuppens, E., Raymaekers, Ch., Coninx, K. A Model-Based Design Process for Interactive Virtual Environments, *Proc. of Int. Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems DSV-IS'2005* (Newcastle upon Tyne, 13-15 July 2005), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3941, Springer, Berlin, 2005, pp. 225-236.
- [3] De Boeck, J., Raymaekers, C., Coninx, K. A Tool Supporting Model Based User Interface Design in 3D Virtual Environments. *GRAPP 2008*: 367-375
- [4] Flor, T.: "Experiences with Adaptive User and Learning Models in eLearning Systems for Higher Education" In: *Journal of Universal Computer Science*, volume 10 (2004)
- [5] González-Calleros J., Vanderdonckt J., Muñoz Arteaga J., A Method For Developing 3D User Interfaces Of Information Systems. *CADUI 2006*: 85-100
- [6] Guerrero, J., Vanderdonckt, J., Gonzalez Calleros, J.M., FlowiXML: a Step towards Designing Workflow Management Systems, *Journal of Web Engineering*, Vol. 4, No. 2, 2008, pp. 163-182.
- [7] Guerrero-García, J., González-Calleros, J.M., Vanderdonckt, J., Muñoz-Arteaga, J. A Theoretical Survey of User Interface Description Languages: Preliminary Results. In *Proc. of LA-Web/-CLIHC'2009* (Merida, November 9-11, 2009), IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, 2009, pp. 36-43.
- [8] Laurent Bouillon, Reverse Engineering of Declarative User Interfaces, Ph.D. thesis, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium, 21 June 2006.
- [9] Limbourg, Q., Vanderdonckt, J., Michotte, B., Bouillon, L., Lopez, V.: UsiXML: a Language Supporting Multi-Path Development of User Interfaces. In: *Proc. of 9th IFIP Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction jointly with 11th Int. Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems EHCIDSVIS'2004* (Hamburg, July 11-13, 2004). Springer-Verlag, Berlin (2005).
- [10] Medina, J-L., Chessa, S., Front, A., A Survey of Model Driven Engineering Tools for User Interface Design *Proceedings of 6th International Workshop on Task Models and Diagrams TAMODIA'2007* (November 7-9, 2007), Springer, Berlin.
- [11] Molina, J.P., Vanderdonckt, J., González, P., Fernández-Caballero, A., Lozano, M.D., Rapid Prototyping of Distributed User Interfaces, *Proc. of 6th Int. Conf. on Computer-Aided Design of User Interfaces CADUI'2006* (Bucharest, 6-8 June 2006), Chapter 12, Springer-Verlag, Berlin, 2006, pp. 151-166.
- [12] Pellens, B., Bille, W., De Troyer, O., Kleinermann, F.: "VR-WISE: A Conceptual Modelling Approach For Virtual Environments", *CD-ROM Proceedings of the Methods and Tools for Virtual Reality (MeTo-VR 2005) workshop*, Gent, Belgium (2005)
- [13] Schaefer, R., Steffen, B., Wolfgang, M., Task Models and Diagrams for User Interface Design, *Proceedings of 5th International Workshop, TAMODIA'2006* (Hasselt, Belgium, October 2006), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4385, Springer Verlag Berlin, 2006.

- [14] Stanciulescu, A., A Methodology for Developing Multimodal User Interfaces of Information Systems, Ph.D. thesis, Université catholique de Louvain, Louvain, Belgique, 2008.
- [15] Stanciulescu, A., Limbourg, Q., Vanderdonckt, J., Michotte, B., Montero, F., A Transformational Approach for Developing Multimodal Web User Interfaces based on UsiXML, Working Paper IAG n°06/02, Université catholique de Louvain, Louvain School of Management, Louvain-la-Neuve, 2006.
- [16] Stanciulescu, A., Vanderdonckt, J., Macq, B., Automatic Usability Assessment of Multimodal User Interfaces Based on Ergonomic Rules, Proc. of E-Mode Joint Workshop on Multimodal Interfaces 2007 (Paris, 27-28 September 2007), S. Praud (ed.).
- [17] Thevenin, D., Adaptation en Interaction Homme-Machine: le cas de la Plasticité, Ph.D. thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble, France, 2001. Available online: <http://iihm.imag.fr/publs/2001>.
- [18] Vanderdonckt, J., Model-Driven Engineering of User Interfaces: Promises, Successes, Failures, and Challenges. . In S. Buraga and I. Juvina, editors, Proc. of 5th Annual Romanian Conf. on Human-Computer Interaction ROCHI'2008, (Iasi, 18--19 September 2008), pages 1--10. Matrix ROM, Bucarest, 2008.
- [19] Vanderdonckt, J., A MDA-Compliant Environment for Developing User Interfaces of Information Systems, Proc. of 17th Conf. on Advanced Information Systems Engineering CAiSE'05 (Porto, 13-17 June 2005), O. Pastor & J. Falcão e Cunha (eds.), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3520, Springer-Verlag, Berlin, 2005, pp. 16-31.
- [20] Vanderdonckt, J., Calvary, G., Coutaz, J., Stanciulescu, A., Multimodality for Plastic User Interfaces: Models, Methods, and Principles, in "Multimodal user interfaces: from signals to interaction", D. Tzovaras (ed.), Chap. 3, Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer-Verlag, Berlin, 2007, pp. 79-105..

Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Ramón R. Palacio¹, Christian O. Acosta¹, Alberto L. Morán², Joaquín Cortez³

Unidad Navojoa¹
Instituto Tecnológico de Sonora
+52 (642) 422 59 29
{rpalacio, cacosta}@itson.mx

Facultad de Ciencias²
Universidad Autónoma de Baja
California
+52 (646) 174 45 60
alberto.moran@uabc.edu.mx

Unidad Nainari³
Instituto Tecnológico de Sonora
+52 (644) 410 09 00
jcortez@itson.mx

ABSTRACT

The purpose of this study is to formulate design guides to create digital games that promote significant leisure activities in older adults from Mexico. As a first step towards this goal, seven-hundred and ninety-four older adults up to 60 years old were evaluated. Participants in the study completed a female-male version of an inventory of leisure activities. In this study, “gardening” was the most preferred leisure activity for older women. Digital game design ideas indicate that it is necessary to create virtual settings where older women may perform gardening activities to learn and enjoy the life cycle of different plants and their handling. “Playing with children” is a moderated preferred leisure activity for older men, but suitable for virtual setting design. Here, digital games involving activities related to sports and physical-based activities with mental and geometric skills are suggested. These results support design ideas to develop virtual applications to promote significant leisure activities in older adults.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: User-centered design – *Human factors, Human information processing.*

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Older adults, Game Design, Leisure Activities.

1. INTRODUCTION

While population aging represents a success, it also represents a challenge for public institutions that need to cope

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00

with an evolution in population structure. In this context, maintaining an active lifestyle in older adults will be the greatest challenge for public health in Mexico [1].

Older adults' wellbeing may be positively affected by an active lifestyle. Older adults who have an active lifestyle demand less medical services. However, there is a discrepancy between what older adults like to do and what they really do. Older adults that are restricted in their favorite leisure activities, those activities that people do in their free time because they want to, for their own sake, as entertainment but not for material gains [2], report lower levels of life satisfaction and lower health status compared to those that are not restricted in their favorite leisure activities [3].

Leisure activities may be an important predictor of older adults' subjective wellbeing, defined as the global perception of an individual about his life in a specific time [4], but there is a lack of understanding about this relationship. Formally developed by [5], the “activity theory” establishes the relationship between activity and subjective wellbeing, specifically life satisfaction, where participation frequency in informal social activities (interaction with grandchildren, friends, neighbors, relatives, etc.), formal social activities (participation in older adults meetings, training in handicrafts, church activities, etc.), and solitary recreational activities (reading books or newspapers, watching TV, listening radio, etc.), determine its influence over subjective wellbeing.

It is essential to find new ways to motivate older adults to maintain an active and social lifestyle. Given the stretch relation between leisure and technology in current days, videogames are commonly used for it. Digital games have a positive and significant potential for older users, because playing videogames offers a therapeutic value besides entertainment. Digital games allow physical or virtual socialization with older and younger people. Furthermore, videogames can be used to reduce the physical and intellectual worsening in older adults. It is important to create new technologies to promote significant leisure activities in older adults.

1.1 Background

A study based in playing Nintendo Wii [6] reports a positive impact in psychological and physical wellbeing in older adults. Isolation, mood and self-esteem were measured. Authors conclude that older adults can socialize and physically activate

themselves through videogames. Nintendo Wii used as a therapeutic activity in older adults allows physicians to enhance equilibration and tolerance, and reduce fear and anxiety. Other studies have demonstrated the medical benefits of Nintendo Wii in the therapeutic treatment of cerebral palsy, Parkinson disease and osteoporosis [7].

Other study [8] showed the meaning of digital games from an older adults' perspective. Authors conclude that it is important to help aged people with searching Internet information and screen clues to reduce feelings of frustration during game activity. It is important to consider some design implications to create a tool for older adults [9]. These ideas suggest that the physical design of videogames need bigger buttons, letters and numbers, and a good illumination especially in tools selection or writing.

Older adults demand user interfaces with low motility and neuronal exigencies, especially in older adults with cognitive and motor impairment. Interfaces need to be suitable to compensate functional, sensorial and cognitive limitations. Furthermore, it is important to assure that the older adult is available to invest his time and energy in videogames. It is necessary to develop studies to examine older adults' motivations and needs, where user-centered methodologies improve understanding of what they want and what they need [10]. It is important as well to consider gender in older adults, because being male or female has its implications in leisure activities preferences [11]. In the same way, it is necessary to estimate how specific leisure activities bring satisfaction to an individual's life [12].

A problem concerning the relationship between leisure activities, videogames and older adults, is the lack of resources for the elderly, as common videogames (e.g. Nintendo Wii, DS, PlayStation, Xbox, etc.) are oriented towards younger people (5 to 35 years old). Apart from that there is a lack of information about requirements, characteristics and playing skills of an older adult. Some studies tried to understand the graphic layout of a videogame for an older adult, achieving poor design ideas.

1.2 Purpose and objectives

The purpose of this study was to formulate design guidelines to create digital games that promote significant leisure activities in older adults from the northwest of Mexico. The specific objectives in this study were:

1. To establish correlation between specific leisure activities frequency and satisfaction associated to it, in men and women up to 60 years old.
2. To formulate design guidelines to create digital games for older adults, considering gender.

In this paper we report on the results of the first objective, and delineate a set of design ideas towards the second.

2. METHOD

2.1 Participants

Seven-hundred and ninety-four older adults up to 60 years old from the northwest of Mexico were evaluated, 54.4% female and 45.6% male. No exclusion criteria were applied.

2.2 Materials

1. Participants in the study completed the following materials:
2. A sociodemographic data sheet concerning age, gender, etc.

3. A female (18 items) and male (15 items) version of an inventory of leisure activities of older adults. The inventory asks participants about his/her frequency of specific leisure activities, with a five-point response scale from "Never" to "Everyday". Furthermore, the inventory asks participant about the satisfaction level related to his/her frequency of specific leisure activities, with a five-point response scale from "Totally unsatisfied" to "Totally satisfied". Internal consistency measured by Cronbach's alpha in frequency and satisfaction items from the female version of the inventory of leisure activities, is $\alpha = .80$ and $\alpha = .86$, respectively. Internal consistency of frequency and satisfaction items from the male version of the inventory of leisure activities, is $\alpha = .80$ and $\alpha = .84$, respectively.

2.3 Procedure

The sociodemographic data sheet and the female-male version of the inventory of leisure activities of older adults were individually applied to participants at their home. Participants with reading or writing limitations were assisted to complete materials.

3. RESULTS

Related to the first objective in this study and through Rho Spearman test, correlation coefficients were established between leisure activities frequency and satisfaction associated to it, in women and men, respectively. Table 1 shows positive high-moderate correlations in women participants. Highest correlation was in "gardening" followed by "church activities", "joining senior citizen clubs", "walking", "reading", "physical/fitness activities", "travelling", "talk to relatives and friends", "sewing or knitting", "watching TV", "attending parties", "listening music or radio", "making handicrafts", "visiting restaurants", "dancing", "playing with children", "attending cultural or sport events" and "playing games".

Table 1. . Correlation coefficients between leisure activities frequency and satisfaction associated in women.

Leisure activity	Satisfaction
Playing with children	.524***
Talk to relatives and friends	.612***
Travelling	.618***
Joining senior citizen clubs	.671***
Making handicrafts	.565***
Church activities	.692***
Reading	.659***
Watching TV	.591***
Listening music or radio	.580***
Playing games	.505***
Sewing or knitting	.608***
Physical/fitness activities	.625***
Gardening	.700***
Attending parties	.580***
Dancing	.530***
Attending cultural or sport events	.518***
Walking	.660***
Visiting restaurants	.537***

*** $p \leq .001$

Table 2 shows positive high-moderate correlations in men participants. Highest correlation was in “reading” and “listening music or radio” followed by “watching TV”, “talk to relatives and friends”, “joining senior citizen clubs”, “playing with children”, “travelling”, “physical/fitness activities”, “walking”, “visiting restaurants”, “attending cultural or sport events”, “church activities”, “dancing” and “attending parties”.

Table 2. Correlation coefficients between leisure activities frequency and satisfaction associated in men.

Leisure activity	Satisfaction
Playing with children	.665***
Talk to relatives and friends	.678***
Travelling	.630***
Joining senior citizen clubs	.674***
Church activities	.590***
Reading	.738***
Watching TV	.692***
Listening music or radio	.734***
Physical/fitness activities	.625***
Gardening	.606***
Attending parties	.538***
Dancing	.573***
Attending cultural or sport events	.596***
Walking	.623***
Visiting restaurants	.608***

*** $p \leq .001$

Related to the second objective in this study, and considering previous results, design ideas were generated to guide a future application that supports leisure activities in older adults, considering gender. In this study, “gardening” was the most preferred leisure activity in women, a culturally well-established leisure activity in women. In that case, we propose to create virtual settings where older women may perform gardening activities to learn and enjoy the life cycle of different plants and their handling [13]. It is important to include support for virtual settings in 3D with sounds to create a gardening environment considering different kinds of plants to use in the activity. It is recommendable that through this activity and with help from data and clues [6], women may determine the better planting method of flowers and trees cultivation cycle.

It is important that the interaction method uses big letters and simple indications reinforced with voice [14]. It is suggested to include supervision from relatives or friends to provide feedback about the achievements during activity. This could be through a virtual space with remote access where suitable mechanisms permit to aggregate relatives or friends in an easy way [15]. Furthermore, it is important saving data to show specific or desired information from the user, where she may use her experience to achieve activities and to learn the life cycle of others kind of plants.

It could be interesting using pictures of flowers, plants and tools used in gardening with real colors and shapes. For this it is necessary to adapt objects size to screen size and deal with different motion speed levels and appropriate sound [13, 16]. Activities need to be saved to continue at another moment, to observe the plants cycle evolution to enhance user’s motivation in

this kind of activity. Relatives’ opinions are needed to create histories of social involvement and feedback during activities [17]. This could motivate her to learn more from other kinds of plants and being aware of her relatives’ interest for her achievements in a virtual environment.

The interactive setting needs to be a relaxed, active and social environment [13, 18] to promote physical activity [19] with no critical knowledge about flowers, plants and gardening [18]. There is no skills evaluation for the user to avoid her frustration when she does not achieve a specific objective [20].

Concerning to results from men participants in this study, “playing with children” is a moderated preferred leisure activity, but its characteristics are feasible and suitable to virtual setting design. Here, spaces are needed where older men may perform activities with a child companion. Games involving activities related to sports are suggested [18, 19]. Physical-based activities with mental and geometric skills are necessary with low intensity movements [10, 13], a wide screen showing big pictures [14, 21], paused visual or hearing indications. A virtual environment must help older men to recall movements for playing where the interface shows easy clues to minimize game exigencies and stimulate neuronal and motor functions [7, 10, 18].

Big size for buttons and selection menus is important, with wide screens on large spaces with high illumination to show easy to read information [14, 21]. Ergonomic and resistant tangibles components are recommended [22]. Older adult-child game interaction must be constant, advising each other to achieve specific objectives in the activity. This may create a non-sense of competition during the older adult-child activity. It is important to have an active, talking and physical environment without high demands complicating the participation in the game. Games with risk, threat or aggression must be totally avoided [20].

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Women and men participants in this study showed a higher satisfaction in leisure activities such as “gardening” (for women) and “playing with children” (for men). Such results agree with [5] conceptualization in “activity theory” and support design ideas to develop future virtual applications to promote significant leisure activities in older adults. Future work includes converting these design ideas into design guides, and to validate them so that they could be used for the development of games that could be chosen as leisure activities for older adults.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work was partially supported by PROMEP under grant 103.5/11/6698 of the Convocatoria de Apoyo a la Reincorporación de Exbecarios 2011.

6. REFERENCES

- [1] Gutiérrez-Robledo, L. M. Looking at the future of geriatric care in developing countries. *Journals of Gerontology, Medical Series*, 57, 3 (2002), 1-6.
- [2] Argyle, M. *The social psychology of leisure*. Penguin Books, UK, 1996.
- [3] Mahon, M. and M.Searle Leisure education: It’s effects on older adults. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 65, 4 (1994), 36-41.

- [4] Sveen, U., Bautz-Holter, B. E. T., Wyller, T. and Laake, K. Well-being and instrumental activities of daily living after stroke. *Clinical Rehabilitation*, 18(2004), 267-274.
- [5] Lemon, W., Bengston, V. and Peterson, J. An exploration of the activity theory of aging: Activity types and life satisfaction among in-movers to a retirement community. *Journal of Gerontology*, 27(1972), 511-523.
- [6] Schutter, B. D. and Abeelee, V. V. Designing meaningful play within the psycho-social context of older adults. In *Proceedings of the Proceedings of the 3rd International Conference on Fun and Games* (Leuven, Belgium, 2010). ACM.
- [7] Ijsselstein, W., Nap, H. H., Kort, Y. d. and Poels, K. Digital game design for elderly users. In *Proceedings of the Proceedings of the 2007 conference on Future Play* (Toronto, Canada, 2007). ACM.
- [8] Lehtinen, V., Näsänen, J. and Sarvas, R. A little silly and empty-headed: older adults' understandings of social networking sites. In *Proceedings of the Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology* (Cambridge, United Kingdom, 2009). British Computer Society.
- [9] Rice, M. and Carmichael, A. Effective requirements gathering for older adults. *SIGACCESS Access. Comput.*, 88 (2007), 15-18.
- [10] Simon, R. *The fictions, facts and future of older people and technology*. London: International Longevity Centre, UK, 2009.
- [11] Villar, F., Triadó, C. and Osuna, M. Rutinas cotidianas en la vejez: patrones de actividad e influencia del sexo y la edad. *Rev Mult Gerontol*, 13, 1 (2003), 29-36.
- [12] Villar, F., Triadó, C., Solé, C. and Osuna, M. Patrones de actividad cotidiana en personas mayores: ¿es lo que dicen hacer lo que desearían hacer? . *Psicothema*(2006), 149-155.
- [13] Whitcomb, G. R. Computer games for the elderly. *SIGCAS Comput. Soc.*, 20, 3 (1990), 112-115.
- [14] Kurniawan, S. Mobile phone design for older persons. *interactions*, 14, 4 (2007), 24-25.
- [15] Blythe, M., Wright, P., Bowers, J., Boucher, A., Jarvis, N., Reynolds, P. and Gaver, B. Age and experience: ludic engagement in a residential care setting. In *Proceedings of the Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems* (Aarhus, Denmark, 2010). ACM.
- [16] Barrington, L., Lyons, M. J., Diegmann, D. and Abe, S. Ambient Display using Musical Effects. In *Proceedings of the Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces* (Sydney, Australia, 2006). ACM.
- [17] Lankoski, P., Heliö, S., Nummela, J., Lahti, J., Mäyrä, F. and Ermi, L. A case study in pervasive game design: the songs of north. In *Proceedings of the Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction* (Tampere, Finland, 2004). ACM.
- [18] Elswailer, D., Mandl, S. and Lunn, B. K. Understanding casual-leisure information needs: a diary study in the context of television viewing. In *Proceedings of the Proceedings of the third symposium on Information interaction in context* (New Brunswick, New Jersey, USA, 2010). ACM.
- [19] Boschman, L. R. Exergames for adult users: a preliminary pilot study. In *Proceedings of the Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology* (Vancouver, British Columbia, Canada, 2010). ACM.
- [20] Myers, D. What's good about bad play? In *Proceedings of the Proceedings of the second Australasian conference on Interactive entertainment* (Sydney, Australia, 2005). Creativity & Cognition Studios Press.
- [21] Jung, Y., Li, K. J., Janissa, N. S., Gladys, W. L. C. and Lee, K. M. Games for a better life: effects of playing Wii games on the well-being of seniors in a long-term care facility. In *Proceedings of the Proceedings of the Sixth Australasian Conference on Interactive Entertainment* (Sydney, Australia, 2009). ACM.
- [22] Coughlin J, D'Ambrosio LA, Reimer B and MR., P. Older adult perceptions of smart home technologies: implications for research, policy & market innovations in healthcare. In *Proceedings of the Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. (Lyon, 2007).

Familiarity of challenges and Optimal Experience in Movement Interaction Games

Javier Rodrigo Díaz Espinosa
Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM)
55 55 85 91 98
raziel_jav@hotmail.com

Pablo Romero Mares
Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM)
55 56 22 36 17, ext. 44026
pablor@unam.mx

ABSTRACT

This paper reports on a project that is investigating the way challenge affects optimal experience or flow in movement interaction games.

There are three important conditions to promote an optimal experience: a balance between the player's level of skill and the challenges that she/he has to face, goals that are clear and compatible and immediate feedback on the gaming session. The challenge-skills balance has been considered as the most important condition. It has also been proposed that the challenges of the game are composite in the sense that they can include cognitive, physical and affective factors. However, one key question that remains to be addressed is: what makes a challenge suitable? This paper addresses this question by investigating the role that familiarity plays when players consider how suitable a challenge is, and therefore how good a game is. This investigation is performed in an empirical way. A prototype of a movement interaction game is employed to compare familiar with unfamiliar challenges and also to investigate the effect that motivating an unfamiliar challenge has in its acceptance by players.

Categories and Subject Descriptors

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

General Terms

Human Factors; Design; Measurement.

Keywords

Player Experience, Flow, Movement Interaction.

1. INTRODUCTION

Challenge is consistently identified as the most important aspect

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

of good game design. Games should be sufficiently challenging, match the player's skill level, vary the level of difficulty, and keep an appropriate pace [1].

Romero and Calvillo-Gamez [2] have proposed a view of flow that proposes that challenges might be composite in the sense that they are associated with the cognitive, physical and affective parts of the person. This view opens up a new way to consider, analyze and evaluate challenge; however, one key issue still to be addressed has to do with investigating the characteristics that make challenges suitable for an activity. We consider that one important factor in this respect is familiarity. Video game genres have types of challenges that regularly appear in them and players are already familiar with some of them. Qin, Rau, and Salvendy [3] showed that familiarity with the game story significantly influences their immersion into the narrative, so we hypothesize that players will prefer familiar challenges, unless unfamiliar ones are of a suitable degree of difficulty and are properly motivated. We are evaluating this hypothesis empirically, by developing and evaluating a prototype of a video game. We have analyzed the game's challenge, identifying those elements that could easily be modified, introducing unfamiliar aspects to it. We have also implemented a module to dynamically adapt the level of challenge, in order to ensure a challenge-skills balance.

We focus mainly on elements of challenge that have to do with coordination, as this factor covers both cognitive and physical aspects. Three versions of the game implement familiar challenges, unfamiliar challenges, and unfamiliar challenges with a justification for their introduction. The evaluation of those versions will try to ascertain whether familiar challenges and properly motivated unfamiliar challenges are more likely to promote optimal experiences in players.

This paper is organized as follows: in the first section we briefly mention some of the main concepts of flow theory, and highlight the importance of the balance between the player's skills and the challenges present in the game. In the section 2 we talk about the characteristics of the prototype developed and our hypothesis about the challenges and their relation with flow states. In section 3 we will discuss the module in charge of adapting the difficulty of the game to the player's performance, implemented by a neural network. The fourth section talks about the method of the evaluation. Finally, we present some conclusions and discuss further work.

1.1 Flow and Movement Interaction

The concept of flow has been used to describe psychological states of optimal experience that are characterized by a deep and effortless concentration in the task at hand [4].

There are three conditions that are necessary to achieve the flow state, a clear set of goals (this adds directions and structures to the task) [4], a balance between the perceived challenges of the task at hand and the player's own perceived skills (One must have confidence that one is capable to do the task at hand) [4] and there has to be clear and immediate feedback (This helps the person negotiate any changing demands and allows him/her to adjust his/her performance to maintain the flow state) [4].

The most important condition to promote flow is that the challenges of the task are commensurate with the person's skills. If such balance is missing, the player could be experiencing other states, like apathy, anxiety or boredom.

So, if we want to promote flow states, we need a game capable of maintaining an appropriate difficulty so that the player feels confident of completing the objectives of the game. We also need that these objectives are clear and provide immediate feedback of how good he/she is playing. We will discuss the proposed solution to these problems after describing the prototype we are developing.

2. THE PROTOTYPE

We are developing a body-controlled, rail shooter game, using XNA 4.0 for the graphic system and a Kinect sensor for the movement interaction. The goal of the game, similarly to other rail shooter games, is to get the highest scores by destroying enemies and avoiding getting damage from those enemies. There is a cursor for each player's hand to destroy the enemies and the player can move the avatar character by stepping forward or backwards.

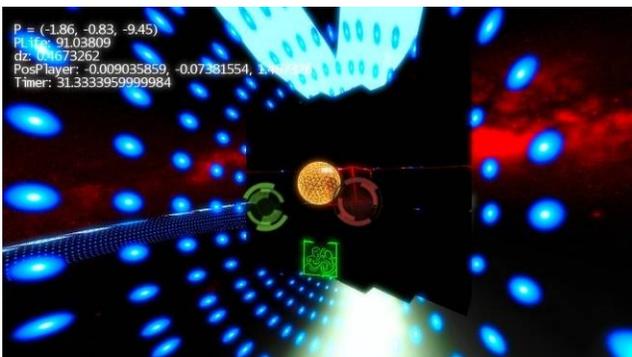


Figure 1: Screenshot of the first version of the game. The cursors must be over both enemies to damage them (the player is represented by the orange sphere).

The study is investigating the factors that make challenges suitable for games (deemed by players as good challenges and

able to promote an optimal experience). The hypothesis put forward is that 'familiar' challenges will be more suitable than 'unfamiliar' ones, unless the former are properly motivated. In order to evaluate this hypothesis, three versions of the game modify specific elements of the composite challenges. The first version requires for the player to coordinate both hands to destroy the enemies, there will be 2 enemies active at any given moment, and each cursor must be over one enemy to damage them (See Figure 1); the second, instead, provides players with split screen for forward and backward views, and requires them to control each view with each arm. The enemies will be in a "sleeping state" until the player lay a cursor over them, when this happens they become active and will try to attack or flee from the player depending on their strength. There are two types of enemies, red and green ones. The green enemies can only be harmed inside the left screen and the red ones on the right screen (see Figure 2). Finally, the third version is exactly the same as the second with the difference that the need for the double view is motivated by introducing a narrative describing the game story.

The first version implements a game with a familiar coordination element while the second and third implement unfamiliar challenge elements. According to the proposed hypothesis, the second version will be in disadvantage to the others regarding its potential to promote flow episodes and also regarding how the players rate it.

The study adopts the idea of composite challenges and illustrates how a challenge can be modified through its elements. The use of this approach will allow us to establish whether familiarity with a challenge element plays a role in flow promotion and whether this factor can be addressed by properly motivating its introduction.

3. ADAPTING THE CHALLENGE

The balance of skills to challenges is frequently considered as the most important factor for a flow experience [5] [6]. In order to keep an appropriate challenge-skills balance, we have implemented a dynamic adaptation mechanism in our prototype. This adaptation considers challenges as composite entities, as this is one of the most important theoretical contributions of our study. Considering challenges as composite entities means we have to relate them to a set of game parameters. This set of parameters will be slightly different for the different experimental conditions, which means that the versions of the prototype will also be different for each experimental condition. In order to understand the differences among these versions we need to mention some details of the system architecture first. The rest of this section talks about those details.

We have three versions of the game, but technically, the last two are equal. Therefore, we will need two different neural networks, one for each version. Then the adaptation will be specific to each version, and each one will have different parameters that will define the difficulty.

The architecture of the networks is as follows: perceptron's based layers consisting of an input layer, a single hidden layer and an output layer. We opted for the simplest architecture because of its

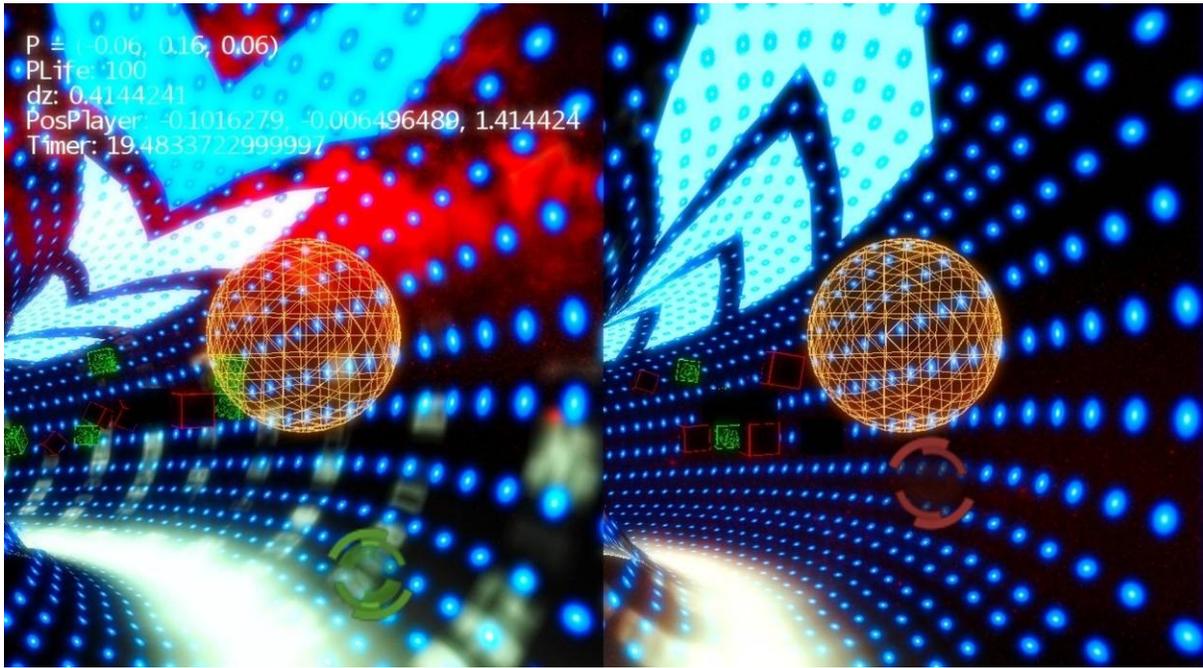


Figure 2: Screenshot of the second version of the game, with forward and backward views (the player is represented by the orange sphere).

simplicity at programming it, and we are using a back propagation learning algorithm for the same reason. We would like to note that we are not looking for the optimum architecture or learning algorithm, but for something that could adapt relatively well so the player feels confident in completing the objectives of the game.

For the first version, we defined these parameters:

- Size of the enemies
- Speed of the enemies

Consequently, we want the network to predict how many enemies the player will destroy and how much damage she/he will receive. This will set the number of output neurons to two. Using this heuristic formula:

$$(1 + I) H + (H + 1) O \approx S / 3. \quad (I)$$

Where: I = number of neurons in the input layer,

H = number of neurons in the hidden layer,

O = number of neurons in the output layer,

S = size of the training data set.

We obtain 66 neurons in the hidden layer (considering S = 1000).

For the second and third version, we defined these parameters:

- Size of the enemies

- Speed of the red enemies
- Speed of the green enemies
- Number of red enemies
- Number of green enemies

And we want to predict:

- Number of red enemies to destroy
- Number of green enemies to destroy
- Damage to receive from red enemies
- Damage to receive from green enemies

Using equation I, we obtain 33 neurons in the hidden layer.

The methodology of the adaptation will be the same for the two versions and consists of:

- Defining a large range for the parameters mentioned above (for example, the speed of the enemies must go from very slow to very fast)

- A first phase of training by increasing linearly all the parameters and presenting them to a human player, so

we can cover all the range and determine the range for the playable settings.

- A second phase of training that will take the results obtained from the first phase, will calculate randomly several combinations of patterns, and choose the best (the one with the greater weighted sum of enemies destroyed and damage received) and present it to a human player.

After some time, the network will check the performance of the player and retrain itself from this new information and the cycle will start again.

After the first phase, we are aiming to obtain a trained neural network for each version that is balanced, and that will be the starting point for users of the system. Then, during the second phase, the personalization of the parameters will take place according to the new information gathered for each player.

4. EVALUATION

The game will be exhibited at a popular science museum. Visitors of the museum will be asked to play the game and answer a flow questionnaire to evaluate their experience. The flow questionnaire will be derived from well-known and widely used instruments in flow research [7]. The evaluation will compare the answers to the questionnaire for the three versions, looking for differences in the participants' experience. As mentioned above, it is hypothesized that players will prefer the version implementing familiar challenges and the one implementing unfamiliar ones that are properly motivated.

5. CONCLUSIONS

The goals of the development of this project are, on the one hand, determining how modifications of the elements related to a challenge (in this case, coordination) can impact on the potential of the game to promote flow states and a characterization of these modifications; and on the other hand, determine if the proposed adaptation mechanism is able to maintain a balance between the player's skills and the level of challenges.

We have mentioned the importance of challenges in the design of the game, particularly if we expect it to promote flow states. From the results of this project, we hope to build a better understanding of the design of the challenges of a game.

At this moment we are finalizing the development of the prototype. Its evaluation will take place at the end of the summer both through a controlled conditions experiment as well as exhibiting it at a science museum.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The work reported in this paper is part of a Master's thesis at IIMAS (Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) in Mexico City with the aid of a scholarship from CONACyT.

The authors would also like to thank Victor Hugo Franco Serrano for his help with the visual design of the game and the development of all the 3D models and textures used.

7. REFERENCES

- [1] P. Sweetser and P. Wyeth. 2005. GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment*.
- [2] Romero, P., & Calvillo-Gamez. 2011. E. H. Towards an embodied view of flow. 2nd Workshop on User Models for Motivational Systems: The affective and the rational routes to persuasion (UMMS 2011), Girona, Spain.
- [3] Hua Quin, Pei-Luen Patrick Rau & Gavriel Salvendy. 2009. Measuring Player Immersion in the Computer Game Narrative, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25:2, 107-133.
- [4] Csikszentmihalyi, M.; Abuhamdeh, S. & Nakamura, J. "Flow", in Elliot, A., *Handbook of Competence and Motivation*, New York: The Guilford Press (2005), 598-698.
- [5] Csikszentmihalyi, M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, New York: Harpers Perennial (1990).
- [6] Massimini, F. and M. Carli. 1988. The Systematic Assessment of Flow in Daily Experience, in Csikszentmihalyi, M. and Csikszentmihalyi, I.S. (Eds.), *Optimal Experience: Psychological Studies of Flow in Consciousness*, New York: Cambridge University Press, 266-287.
- [7] Mihaly Csikszentmihalyi, Joel M. Hektner, Jennifer A. Schmidt. 2006 *Experience Sampling Method: Measuring the Quality of Everyday Life*, SAGE.

Towards a taxonomy of factors implicated in children-elderly interaction when using entertainment technology

Ana Isabel Grimaldo Martínez
Universidad Autónoma de Baja
California
Km 103 Carretera Tijuana -
Ensenada, Ensenada, B.C.
ana.grimaldo@uabc.edu.mx

Alberto L. Morán
Universidad Autónoma de Baja
California
Km 103 Carretera Tijuana -
Ensenada, Ensenada, B.C.
alberto.moran@uabc.edu.mx

Eduardo H. Calvillo Gámez
Universidad Politécnica de San Luis
Potosí
Urbano Villalón 500 Col. La Ladrillera,
San Luis Potosí, S.L.P.
eduardo.calvillo@gmail.com

ABSTRACT

This paper proposes a taxonomy that identifies a set of key factors involved in the interaction between children and elders when using entertainment technology. The proposed taxonomy aims at understanding how technology can support the interaction between children and elders. The taxonomy is organized in three categories: Usability, User Experience and Social Interaction. The taxonomy is motivated in an effort to reduce the digital divide that exists within families between the younger and older generations.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 [User/Machine Systems]: Human Factors;

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Children, Elders, Interaction, Entertainment Technology, Taxonomy.

1. INTRODUCTION

According to results presented by the Mexican National Population Council (CONAPO, for its acronym in Spanish), the current demographic situation in Mexico indicates a considerable increment of the elderly population. Projections of this institute indicate that the elderly population of Mexico will increase from 15% in 2025 to 28% in 2050 [13]. The present trend reflects an increase in life expectancy, although unfortunately quality of life does not necessarily have the same increment [12]. Therefore, improving the quality of life of elders is one of the main challenges today [28].

When people grow old, they face different problems, such as medical, social and economic issues to mention a few. In addition, they face new challenges such as technological influence in daily life. Nowadays, technological development is taking part in almost every daily activity [30]. Little by little, people adopt technology into their everyday life [28]. For most of the population, technology is used for entertainment or business activities while for elders the focus is on healthcare [17].

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10...\$15.00.

Technological advances can help elders track their healthcare [28]; however making changes is more difficult to them than for the rest of the population [14]. Therefore they might feel out of context and prefer to be technologically isolated [17].

According to experts in gerontology, isolation is one of the main causes affecting the elder's health. Thus, avoiding isolation is an important factor to encourage their wellness [12]. For the elderly, family support is important when they need to face changes such as technological adaptation [5, 28]. Thus, it is important to find similar needs between the elderly and their relatives.

Over the years, relationships between children and the elderly have been motivated by entertainment activities [16]. Although these relationships have not been mediated by technology, in this paper, we want to focus on entertainment activities to facilitate and enhance this interaction. Now, it is important to analyze the impact of supporting the interaction by means of technology [14].

To achieve this, first we identify a set of factors involved in the interaction of children and the elderly when technology is a mediator of this relationship. In order to visualize the resulting factors from a preliminary literature review, in this research, we organize them as a taxonomy, to provide a grouping and thus a better understanding. The taxonomy classifies factors under three categories: Usability, User Experience and Social Interaction.

The paper is organized as follows. Section 2 presents the research, approach and methods followed for the development of the proposed taxonomy. Later, we present the proposed taxonomy giving a brief description of the categories and factors it comprises. Finally, discussion, conclusions and future work are presented.

2. RESEARCH, APPROACH AND METHODS

The proposed taxonomy is based on a literature review from specialized libraries (e.g., ACM DL and IEEE library), to take advantage of the contributions of Human-Computer Interaction (HCI) on similar problems. The main contribution of this paper is the creation of the taxonomy.

We established three key concepts to guide our research: Interaction with technology, Entertainment Technology and Social Interaction.

One of the most important results is usability [26]. The main focus is on abilities and needs [25]. Therefore, it is important to consider: speed of learning, productivity, user satisfaction, how much people remember after using software and how many errors they made [1, 26].

For both, children and the elderly, usability is an important aspect that includes: 1) usefulness, 2) effectiveness, 3) learnability and attitudes [23]. In addition attributes such as 1) easy to learn, 2) efficient to use, 3) easy to remember, 4) pleasant to use and 5) cause few errors must be considered.

Although usability applies for both children and the elderly, it is important to consider some differences. Age is a determinant factor related to needs and abilities [18]. In the case of the elderly, decline in cognitive and sensory functions must be considered [30]. To provide cognitive stimulation, it is important to consider: 1) usefulness, 2) ease of use and 3) pleasurable user experience [20].

In order to provide pleasant experiences for the elderly and children, it is necessary to motivate the interaction to use the technology [2]. In the case of children, curiosity is seen as a motivator [22]. For the elderly, motivation is different. In this case, the main goal is to obtain social benefits to facilitate socialization [11].

Due to the differences between children and the elderly, it is important to make a deep analysis of the interaction process. It can be seen as a collaborative process that has a three-stage cycle (see Figure 1): Observation, Understanding and Support [29]. Inside this cycle, some activities could be compared to needs in child-elder interaction.

The observation stage allows for the participant to analyze the interaction with entertainment technology. Subsequently, the understanding stage allows the participant to learn the process. Finally, the support stage allows the participant to refine the knowledge and to increase their participation.

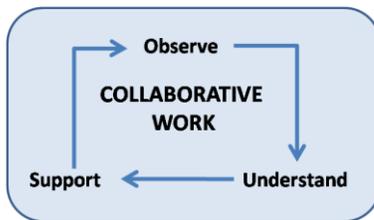


Figure 1. Collaborative work cycle. Image adapted from [29].

The support between participants is an important element. Working together is an opportunity to interact and enhance, increase self-knowledge, and exchange ideas and experience [17, 2]. When people are taking part in the development of an activity, they are cooperating [9].

In the interaction with technology, it is necessary to balance the participation according to previous experiences. Therefore, the expertise level must be considered [4, 29]. In the case of children adaptation is provided [9] and elders are happy when they become confident in relation to new functionality, especially with technology [8].

In order to achieve common objectives, communication is an essential factor [10]. Collaboration is carried out through communication. Children are willing to learn from other people [2]. Therefore, in the interaction a leader is necessary. When participants change roles, they provide support to each other and increase their knowledge [2].

Interaction with entertainment technology some times involves manipulating artifacts. The lack of familiarity for elders in the interaction with technology may cause anxiety [22]. In some

cases, children present anxiety caused by factors such as difficulty [27].

Based on the elements analyzed above, three main categories were identified: Usability, User Experience and Social Interaction. In addition, key factors making up each category are proposed. Figure 2 shows the integration of factors within each category.

3. DEVELOPMENT OF THE TAXONOMY

3.1 Usability

Based on the information presented above, usability is a universal consideration in the HCI field. According to some ISO standards, usability comprises some aspects such as understandability, learnability, operability, attractiveness, and usability compliance [1]. In this paper, we define two factors that include the above aspects: Ease of Use and Usefulness.

3.1.1 Ease of Use

In the development of technology-based entertainment activities, ease of use is oriented to allow the interaction without difficulties for children and the elderly.

In the case of the elderly, technology must face the lack of familiarity and should provide a learning process [21]. In addition, it is important to facilitate the interaction [7] with technological artifacts. For children, technology must be adequate to their abilities and age [18, 9]. Further, it is necessary that both of them increase their knowledge about technology and get used to its use [5, 14]. According to some ISO Standards, the process of learning to use the technology is called learnability [1].

3.1.2 Usefulness

To provide usefulness, technology must be easy to use [6, 19]. When technology is adequate to the needs of children and the elderly, they should find usefulness [17]. For the elderly it is important to visualize technology as a tool to provide benefits to generate an advantage and to assure acceptance [11, 28]. In the case of children, technology is useful to play and have fun [27].

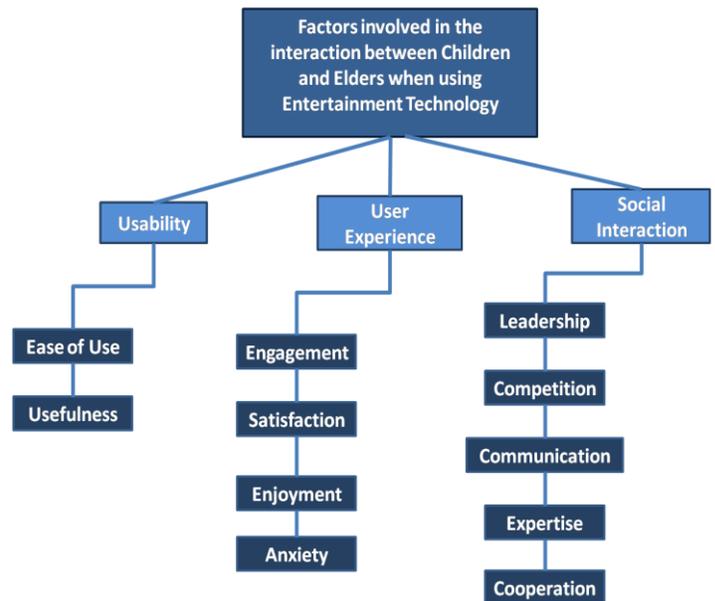


Figure 2. Taxonomy of factors involved in the interaction with entertainment technology.

3.2 User Experience

Within the field of HCI, providing a positive user experience is one of the most important concerns in order to facilitate and enhance the interaction. To allow a positive user experience, diverse factors are involved in the process. One of the most important is achieving goals. When users achieve goals, they perceive a successful interaction and therefore, a pleasurable experience could be provided [3, 4].

In this case, factors such as engagement, satisfaction and enjoyment provide a positive experience. Nevertheless, anxiety is a negative factor that affects the interaction. A brief description of these factors is provided next.

3.2.1 Engagement

It is important that the user feels involved in the development of the activity [21]. To achieve this, the user must feel in control of the activity [3]. Nevertheless, it is important to balance the interaction to provide positive experiences for children and the elderly. The participant must feel a sense of progress to keep interacting with the activity [3].

3.2.2 Satisfaction

This factor is related to achieving an objective. Although users may have not clearly defined a goal [3], at the end of the activity, the user could perceive feelings about their participation. A new performance of the activity may depend on the experience in the actual participation [4].

3.2.3 Enjoyment

Enjoyment is created when a participant is performing the activity. When a player gains control over the game, enjoyment is present [5]. However, aspects such as memory are a concern in relation to elders [11]. Providing ease of interaction could create balance to enhance the relationship.

3.2.4 Anxiety

This factor is especially important for the elderly. Normally, anxiety is generated in the manipulation of technological artifacts. In the case of children, inadequate activities or difficulty levels generate anxiety. As a consequence, frustration may be present if the participant is not confident in the development of the activity being performed. Therefore, the anxiety level must be low [21].

3.3 Social Interaction

In order to strengthen the relationship between children and the elderly, social interaction is one of the most important categories. In this case, the category is composed of the following factors: Leadership, Competition, Communication, Expertise and Cooperation.

3.3.1 Leadership

To enhance the relationship, role assignment will allow obtaining the control to both participants. Therefore, leadership is necessary. At the same time, the elderly could feel family support and facilitate the interaction [17]. Although obtaining control by a participant could make him/her feel as the owner of the activity, it is important to create a balance in the participation. This concern is especially on the elderly [16].

3.3.2 Competition

Some entertainment activities are characterized by competition. In the children-elderly relationship, competition may be seen as an opportunity to provide support to each other [26]. Providing support is an important aspect of the collaborative participation cycle [6].

3.3.3 Communication

In the interaction between people, a communication process is necessary [29]. In order to have a successful interaction, the communication process must be facilitated. Due to the difference between children and the elderly in the communication process it is necessary to provide support between each other [26].

3.3.4 Expertise

This factor is related to previous experience. In order to facilitate the interaction with the entertainment activity, previous experiences are determinant in the development of actual activities [1]. In contrast, previous experiences could also implicate negative effects. When people have bad experiences such as frustrations, the development of actual activities could be affected [15].

In children-elders interaction, it is important to balance the knowledge of each other and to avoid anxiety. For the elderly sharing experiences or knowledge become important, although it may be not related to technology use [5]. In contrast, children like to have new experiences, especially in relation to technology [18].

3.3.5 Cooperation

In order to promote the interaction between children and the elderly, the participation of both (children and the elderly) could be directed to achieve an objective. In this case, it is important that both participants feel useful in the development of the activity. In addition, the support of each other benefits the interaction process.

4. DISCUSSION

In this paper we investigated some factors involved in the interaction between children and the elderly when using entertainment technology. Children and the elderly have different needs and abilities to be considered in relation to interacting with technology.

The factors within each category were the result of a literature review related to both profiles. Nevertheless, the HCI field is widening in the investigation of profiles such as children and the elderly. Therefore, there are additional aspects relevant in the interaction between them. In some cases, positive and negative aspects were considered. In this case, it is important to look for strategies to create a balanced interaction between them.

Considering the diversity of technological developments, it is necessary to focus on a specific kind of technology to provide specific results. In this case, the manipulation of technological artifacts must be considered. For both, children and the elderly, the interaction could implicate different needs.

Our proposed taxonomy allows identifying a set of key factors in the relationship and interaction with technology. Based on the presented taxonomy, and using the identified factors, we can enhance the interaction between children and the elderly. The usability category is intended to facilitate the interaction with technology. In the case of user experience, the main goal is to provide a positive experience to promote entertainment between children and the elderly. Finally, social interaction is intended to use usability and user experience to enhance the relationship.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Based on the presented literature review, we identified some factors involved in the interaction between children and the elderly by using entertainment technology. Nevertheless, it is necessary to continue the analysis in order to include implications not considered at this moment.

Future directions aim to explore specific technological features in order to obtain more accurate results. Furthermore, it is important to perform a deeper analysis on aspects previously established within the HCI field such as ISO standards. In addition, an evaluation of the proposed concepts within the presented taxonomy is necessary.

Finally, the proposed taxonomy presents basic elements of social interaction. In order to enrich the research, it will be necessary to perform a deeper analysis concerning the interaction and formalize the results.

6. REFERENCES

- [1] Abran, A., Khelifi, A., & Suryan, W. (2003). Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards. *Software Quality Journal*, 11, 325–338.
- [2] Albuero, J., Komlodi, A., Preece, J., Druin, A., Elkiss, A., and Resnik, P. (2005). Challenges of evaluating a cross-cultural children's book community, 1–21.
- [3] Calvillo Gámez, E. H., Cairns, P., and Cox, A. L. From the Gaming Experience to the Wider User Experience. Proceedings of British Computer Society. HCI (2009). Pages 520–523.
- [4] Calvillo Gámez, E. H. and Cairns, P. Pulling the Strings: The Experience of Playing Videogames. Third Conference on the Philosophy of Computer Games. Postdam University. (2008). Pages 308-323.
- [5] Chen, C., Kobayashi, M. and Oh., L. M. ShareComp: Sharing for Companionship. CHI. 2074-2078, Oregon (2005).
- [6] Fikes, R. E.. A Commitment-Based Framework for Describing Informal Cooperative Work. COCS 88 Proceedings of the ACM SIGOIS and IEEECS TC-OA (1988) conference on Office information systems, 6(4), 331–347.
- [7] Greenberg, S., & Buxton, B. (2008). Usability evaluation considered harmful. Proceeding of the 26 CHI conference on Human factors in computing systems.
- [8] Gregor, P., & Zajicek, Mary and Newel, A. (2002). Designing for Dynamic Diversity - interfaces for older people. Assets (pp. 151–156).
- [9] Hourcade, J. P. (2007). Interaction Design and Children. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 1(4), 277–392.
- [10] Kraut, R. E., Fish, R. S., Root, R. W., and Chalfonte, B. L. (1990). Informal Communication in Organizations: Form, Function and Technology.
- [11] Ijsselsteijn, W., Nap, H. and Kort, Y. D. Digital Game Design for Elderly Users. FuturePlay. Toronto, Canada. 17-22. Nov 15-17, 2007.
- [12] Institute, G. (2010). Report of actions taken by the agencies and institutions of the National Population Council and Secretary General. (p. 44).
- [13] INEGI. (2005). The Elderly in Mexico. Socio-demographic profile to the XXI century (p. 121).
- [14] Khoo, E.T., Cheok, A. D., Duy Nguyen, T. H., and Pan, Z. Age Invaders: Social And Physical Inter-Generational Mixed Reality Family Entertainment. Computing, 1-22.
- [15] Landaver, T. The Trouble with Computers: usefulness, usability and productivity. The MIT Press, Cambridge, 1995, Chapter 6, pp. 141-168.
- [16] Lindley, S. E., Harper, R. and Sellen, A. Designing for elders: Exploring the complexity of relationships in later life. *Journal of Aging Studies*, pages 77-86, (2008).
- [17] Livingston, J. (2007). ICT Design for Elders Seniors. *Interactions* (pp. 20–21).
- [18] Markopoulos, P. and Bekker, M.. Interaction design and children. *Interacting with Computers*, 15(2):141-149, Apr. (2003).
- [19] McCarthy, J. and Wright, P. Technology as Experience. The MIT Press, Cambridge, MA, USA, (2004).
- [20] Meza-Kubo, V., Morán, A. L. AbueParty: An Everyday Entertainment System for the Cognitive Wellness of the Worried-Well, International Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Mexico, 2011.
- [21] Meza-Kubo, V., Morán, A. L. UCSA: A Design Framework for Usable Cognitive Systems for the Worried-well. Personal Ubiquitous Computing.
- [22] Morán, A.L., Meza-Kubo, V. "Evaluating the User Experience of a Cognitive Stimulation Tool through Elders' Interactions". In Ambient Intelligence and Smart Environments, Vol. 13, 2012 - Workshop Proceedings of the 8th Intl. Conf. on Intelligent Environments (IE12), J.A. Botía et al. (Eds.), IOS Press, pp. 66-77. DOI: 10.3233/978-1-61499-080-2-66.
- [23] Nakatsu, R., Rauterberg, M. and Vorderer, P. A New Framework for Entertainment Computing: International Federation For Information Processing, pages 1-12.
- [24] Nettet, V. and Large, A. Children in the information technology design process: A review of theories and their applications. *Library and Information Science Research*, 26(2):140-161, Mar. (2004).
- [25] Norman, D. A. (1992). Design Principles for Cognitive Artifacts. *Research in Engineering Design*, 43–50.
- [26] Preece, J. Sociability and usability in online communities: Determining and measuring success. *Behavior and Information Technology Journal*, 20, 5, 347-356. (2001).
- [27] Razzaghi, M. and Bayat, A. Designing an architecture educational package for children. *Designing for Children* (pp. 1-8).
- [28] Romero, N., Sturm, J., Bekker, T., de Valk, L., and Kruitwagen, S. (2010). Playful persuasion to support older adults' social and physical activities. *Interacting with Computers*, 22(6), 485–495.
- [29] Tang, J. C. Findings from observational studies of collaborative work. *International Journal of Man-Machine Studies - Computer-supported cooperative work and groupware* 143-160, USA, 1991.
- [30] Watering, M. The Impact of Computer Technology on the Elderly. 1-14.

Visualization of records classified with the 1998 ACM CCS

María Auxilio Medina
Universidad Politécnica de Puebla
mauxmedina@gmail.com

J. Alfredo Sánchez
Universidad de las Américas Puebla
j.alfredo.sanchez@gmail.com

Jorge de la C. Mora
Antonio Benítez Ruiz
Universidad Politécnica de Puebla
jorgedelacallej@gmail.com
antonio.benitezruiz@gmail.com

ABSTRACT

This paper proposes a visualization scheme for large-scale collections of documents organized hierarchically. The scheme provides a concise and customizable view of OAI-PMH records. We assume that records are classified with a hierarchical algorithm or taxonomy. As a way of illustration, we chose the 1998 ACM Computing Classification System. A two-dimensional interface maps record attributes to visual elements: X- and Y-axes. Color, size, place and shape in the interface have a predefined intention. The scheme implementation is based on SVG charts. Users can explore data, metadata and to know the relationships between the records derived from the classification scheme. A collection of documents of the Universidad Politécnica de Puebla (UPPuebla) is used as a test bed for the proposed scheme. The paper reports preliminary results of our prototype version.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User interfaces]: Information interfaces and presentation; Graphical user interfaces – *Screen-design, user-centered design*.

General Terms

Management, design.

Keywords

Information visualization; OAI-PMH protocol; document collections; Scalable Vector Graphics.

1. INTRODUCTION

Classification schemes organize documents; they are reference systems formed by hierarchies of subjects or categories. The more specific a category is, the deeper level assigned to it. Each category has an identifier commonly formed by numbers, letters or a blend of both.

Permission to make digital or hard copies of part or all 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. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MexIHC '12, October 03 - 05 2012, Mexico city, Mexico
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1659-0/12/10 ... \$15.00

According to the number of knowledge fields described by a classification scheme, this can be considered general or specific. For example, the Dewey Decimal Classification (DCC), the Library of Congress Classification (LCC) and the Universal Decimal Classification (UDC) are general schemes. In contrast, the 1998 ACM Computing Classification System (CCS) is a specific scheme, as it only describes computer science documents.

In digital libraries, categories of classification schemes are used to index and query collections. Interoperability mechanisms such as the Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH protocol) proposed by the Open Archives Initiative (OAI) support information sharing strategies. The OAI-PMH Version 2 Specification uses at a minimum the elements of unqualified Dublin Core (DC) metadata format to disseminate collections. DC is supported by most digital library software. The fifteen DC elements of the Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) are broad and generic enough to describe a wide range of documents. The values for these elements are defined as semantic recommendations.

The OAI-PMH protocol clusters the DC elements used to describe a resource in a collection in a structured called a *record*. Each record has a header part that contains a unique identifier and other elements for selective harvesting as well as a metadata part that clusters metadata by themselves such as title, author, date or subject¹.

Graphical user interfaces (GUIs) represent another accessibility alternative for collections in addition to the exploitation of data and metadata by search engines. This paper describes a two-dimensional visualization interface based on SVG charts to represent the XML-based plain text format of large-scale collections. We assume that the records of a collection use one or more categories of ACM CSS as the value of their *dc:subject* elements. A collection of documents of the Universidad Politécnica de Puebla (UPPuebla) called CORTUPP has been used as a test bed for the proposed interface.

The paper is organized as follows: the next section describes an overview on CCS. Then, we discuss related work in Section 3. Section 4 includes previous work. Our visualization interface is described in Section 5. We exchange views on preliminary results at Section 6. Finally, we include conclusions and suggest future directions of our work in Section 7.

2. AN OVERVIEW ON THE 1998 ACM CCS

The 1998 ACM Computing Classification System (abbreviated CCS) is a classification scheme for computer science developed by the Association for Computing Machinery (ACM) [1]. CCS is a four level taxonomy widely used for classification and indexing computing documents. The first three levels are used to organize

subjects in classes or categories; there are 11 main categories and 72 subcategories. At the first level, category identifiers use a capital letter from A to K, at the second one the identifier is formed by a letter, a period and a number or the m letter. An additional number is used at the third level. A document can be associated to one, two or three categories if there is a generalization relationship between them. As a way of illustration, the “categories and subject description” section of this paper contains the subjects and the identifiers of three categories.

Categories at the fourth level do not use identifiers; they represent an ordered list of general terms and proper nouns instead. CSS categories have two special subcategories identified by 0 or m letter. The first one is used to express that the category name is enough to describe a document. The second one reflects the fact that a document can belong to several sibling subcategories. The full CCS classification in HTML, XML or ASCII distributions are available at:

<http://www.acm.org/about/class/1998/>.

Classification schemes support the visualization of collections. The following section describes some significant related works.

3. RELATED WORK

Information visualization is a research area that brings human perceptual processes to bear in organizing and understanding data. The development of new visualization techniques led to a significant increase in the number of systems for visually representing information spaces. In Digital Libraries, there are visualization interfaces aimed at increasing collection accessibility. This section describes some relevant ones. .

OntoStarFish uses multiple fisheyes views that can be placed on the top of *starfields* to identify potential collaboration networks between authors [9]. The visualization makes use of metadata taken from documents at the Greco project3. At first sight, the X-axis shows seven predefined subject categories while in the Y-axis displays six buttons, one for a different country. Then, users can explore by keywords, subjects or collaborators. The fisheye number can be adjusted dynamically according to the user's preferences. Some axes are directly built with DC elements; however, the values of the subject axes are extracted automatically through an implementation of the Frequent Itemset Hierarchical Cluster algorithm (FIHC). Each time the user presses a button, its size become bigger and the color of all the circles of the chosen axis is highlighted.

Figure 1 shows an excerpt of the visualization on OntoStarFish when the user choose Mexico country and the number of ish eyes is two. An square is used for each subject that contains documents. In this example, subjects are health and social sciences. The size of the highlighted circle increases as the lenses move over them so as to improve their visibility while maintaining context for the user.

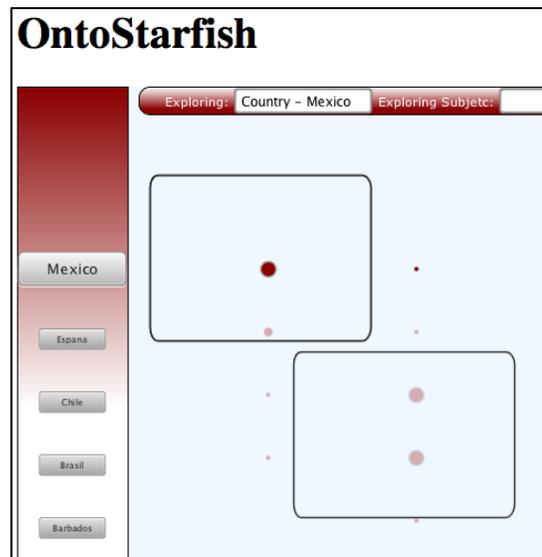


Figure 1. An example of OntoStarFish visualization

Authors of [8] describe a cluster lift method to represent a search organization according to the members or teams that classify their publications using CCS subjects. The subjects are clustered with a similarity measure defined in such a way that the greater the number of researchers working on a pair of subjects, the greater similarity between the pair. Clusters can be overlapped. A visual survey tool developed in Java Script implements the proposed method. The tool allows users to select subjects to construct a kind of tree that displays the first three levels of CCS. Main categories are displayed at the top of the interface. Once the user chooses a category, it is shown as a square located at the center of the interface, a set of lines are used as branches of a tree representation. The name of the chosen class and the information of its subcategories are shown in Figure 2.

My ACM-CCS Subjects			
Code	Name	%	Del
I.2.6	Learning	30	
I.5.3	Clustering	30	
I.6.7	Simulation support systems	20	
D.2.8	Metrics	10	
H.2.8	Database applications	5	
H.5.2	User interfaces	5	
Total:		100 %	

Figure 2. Description of ACM CCS classes in the interface of the cluster lift method

In Figure 2, the codes of the main categories are displayed at the top, each one with a different color. The “pattern recognition” message is shown on the left corner, at the top of the graph structure. The selected category is presented at the center of the interface. Rectangles with the codes of categories are linked with lines to represent the hierarchy. A tool-tip effect is added to display the cluster label on the rectangles of categories at the third

level. A table is used to display the percentage of researchers that work simultaneously on some subjects [8].

Another relevant related work is the Technical Report Visualizer System (TRV) which uses the OAI Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH) to gather the metadata of arXiv e-Print articles at Cornell University [5]. Subjects are displayed in a Java hyperbolic tree with hyperlinks to full text. User navigation activity is combined to access the abstracts or to full text contents of articles classified with CSS categories. The second version of this interface allows users to have a dynamic runtime view, switching between two classification schemes. The visualization looks like a graph in which nodes represent sets of documents. The nodes with more documents have a higher intensity color and a wider border. The number of citations of a node is indicated in square brackets as a suffix to the node label. TVR uses Xerces, Xalan, DOM, SAX other XML-based technologies to support visualization and browsing.

4. PREVIOS WORK

The use of SVG charts to construct visualization interfaces is explored in [2]. Documents are automatically organized in a structure referred to as an *ontology of records*. This structure is the result of applying the FIHC algorithm to a set of OAI records. The original version of FIHC [3] was designed to process full-text documents. FIHC requires two or three input parameters to construct a tree of disjoint clusters with labels. Clusters are organized in such a way that the clusters in the first level have a label with one term, clusters at the second level have a label with two terms: the term of their ancestor category and a new term, and so on. The terms of the labels are considered the most representative terms of the processed metadata. For example, “language”, “natural language” and “natural language processing” could be the labels for clusters at the _rst, second and third level, respectively. A complete description of the application of FIHC to OAI records can be found in [7].

In [2], the web page displays a visualization interface for an ontology of records formed by two frames. The left frame has the SVG charts for an ontology of records and on the right frame is used to show metadata, as illustrated by Figure 3. The blue square on the left has a gradient background that is darker at the first level and lighter at the latest one, this is to illustrate the hierarchical relationships between levels. Purple lines divide the rectangle into five sections, one for each ontology level. A star is used as a symbol to represent a document constructed as a polygon with the following attributes: “*style=fill:gold; stroke:orange; stroke-width:4*”. Other features of the star supported by SVG are the filling and border colors, the width and the border style. The star is constructed as an independent file in such a way that other symbol can be used in order to satisfy user preferences.



Figure 3. A visualization interface for CORTUP based on ontology of records

An extended version of the previous SVG charts is proposed in [6]. Figure 4 shows the main modifications:

- The smallest square at the left top corner has an icon with a person as a visual clue to indicate users the root of the ontology of records
- Each level is subdivided to show sibling clusters
- A high level overview of the computer science domain
- An accessibility alternative for large-scale collections classified with CCS
- Easy identification of explored and unexplored categories in an organization. It could be useful, for example, to plan research restructuring and investment
- Stars are displayed in different colors, one for each level. A slight variation of size is also used

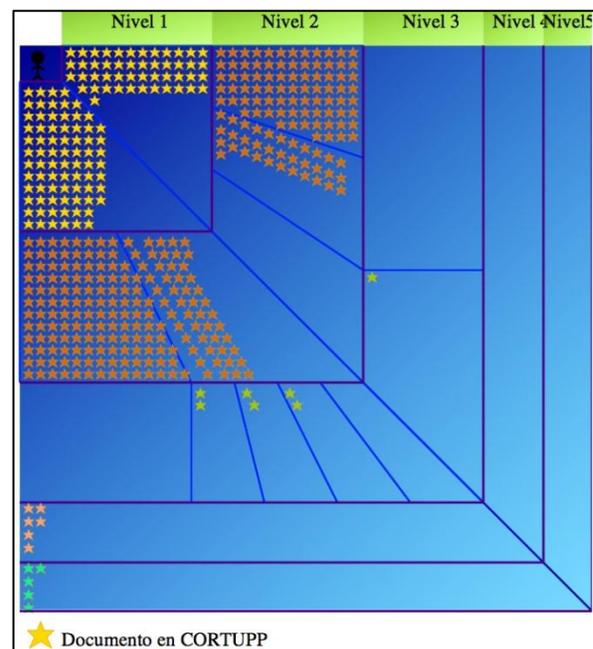


Figure 4. An extended visualization interface for CORTUPP

From our point of view, the main disadvantage of the interfaces proposed in the last two related works is related with the name of the classes in the ontology of records and their relationships with ontology levels. The classes and subclasses in common taxonomies often has a name that do not share a set of terms. The following section describes the proposed visualization scheme.

5. THE VISUALIZATION SCHEME

This section describes SV tool, a two-dimensional visualization interface based on SVG charts to represent the XML-based plain text format of large-scale collections of documents. Each document of a collection is stored as a OAI- PMH record. We assume that records are classified with CCS. Each record can belong to more than a class in the same branch of the taxonomy; however, it is only represented in the deeper level on the interface.

5.1 Data sets

The values of dc:subject elements of records are associated with a CCS category. These values can be written in multiple languages such as English and Spanish in order to improve collection accessibility. Table 1 shows the element used in CORTUPP collection. Note that MIME is the abbreviation of Multipurpose Internet Mail Extensions. The cardinality column refers to the number of occurrences of an element in an OAI-PMH record. We suggest a unique value for each element in such a way that multiple values require multiple instances of the element. As a way of illustration, if a document has four authors, four instances of the *dc:contributor* element will be expected. We also take into account that each element only has one value. Cardinality refers to the number of occurrences of an element in a record. A link to access the full-text document of each record is commonly used.

An example of an OAI-PMH record is available at:
<http://informatica.uppuebla.edu.mx/oai-uppuebla/ontoairGetRecord.xml>.

Collections can store different types of documents. For example, CORTUPP has technical reports, articles and theses. The value of a *dc:type* element can be used to store those types.

5.2 Visualization strategy

The separation of content from presentation that XML files support gives organizations a great deal of exibility. In this work, the visualization strategy is realized with SVG charts. SVG can be used to visualize metadata, ontologies and other type of conceptual structures for human meanings [4]. This is an XML-based technology to create two and three dimensional web graphics. Vector formats provide quality, scalability and extensibility that cannot be obtained in a raster image. Other advantages of this official W3C standard are search ability, dynamism and update ability.

Table 1. DC elements used in CORTUPP

DC element	Description	Cardinality
<i>dc:contributor</i>	The full name of a member of an assessment committee	At least one, the maximum is three
<i>dc:coverage</i>	The degree of the dc:author (Beng degree or MSc degree)	Only one
<i>dc:date</i>	The delivery date of the document	Only one
<i>dc:format</i>	The MIME type (application/pdf)	Only one
<i>dc:identifier</i>	The OAI-PMH identifier Of the document	Only one
<i>dc:language</i>	The language of the Content of the document (Spanih)	At least one
<i>dc:publisher</i>	The full name of the UPPuebla	Only one
<i>dc:source</i>	The link to access Full-text document	At least one
<i>dc:subject</i>	The identifier and the name of a CCs category	At least one
<i>dc:title</i>	The title of the document	Only one
<i>dc:type</i>	The type of the document	Only one

5.3 Visual attributes

A web interface and SVG charts are the main components of the visualization scheme. An organization based on top, left and right frames is used. The top frame displays a title and the objective of the interface. The frame on the left allows users to explore the collection and visualize the relationships between CCS categories before accessing document metadata. The frame on the right shows metadata in a HTML page with some basic style elements. Category names can be visualized in this frame. Figure 6 shows the proposed interface, called SV tool. In order to put readers attention on the graphical elements, we omit the metadata frame. Events are handled as follows: a user chooses a column and a row to show the documents at the _rst or second levels. The plus icon at the right corner of each square shows the metadata of the documents and class description. A hyperlink points to the full text PDF file.

The design process takes into account the size, shape, color and localization of the elements. The two-dimensional display uses categorical axes. The columns are associated with the main categories and the rows with the subcategories. Each category has a label (a CCS code), a level and zero or more documents. Color coding is used to associate documents with the main categories (which are identified by the letters in black color on the left side). All the documents that belong to a main category are placed inside the rectangles. If a main category has more than six documents, then a new SVG graphic is displayed in another window of the browser. Thus, at first glance, each square shows a maximum of six records. Square, triangle and circle icons represent a type of document. In the case of CORTUPP, three types of documents are used: articles, theses and technical reports, represented with a circle, a square and a triangle, respectively. The visualization of some documents in SV tool is illustrated in Figure 5, which is a zoom view of the left corner of Figure 6. The first row shows six documents for three subcategories and three documents for the miscellaneous category of the first main category A, which is “General literature”.

We use the same background color for the square of the category and square with the plus symbol, and a gray background for accessing the following level of subcategories, (level 3). The squares that have an *m* letter instead of a plus symbol are used for “miscellaneous categories”. The rest of documents are displayed by pressing the plus symbol on the right of each square.

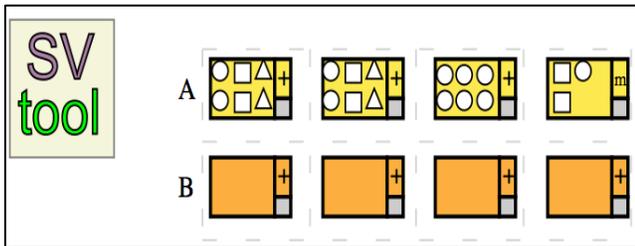


Figure 5. Representation of documents in a main category

A web page has been designed to explore SV. Properties files support flexibility aspects such as customization of colors, style and size of fonts and background color. The shapes used to represent the types of documents can be modified without significant changes in the SVG code.

Figure 7 shows a screenshot of the interface for a respondent who chose an icon that access to a document associated to a category at the third level. Note that a different set of icons is used to represent the types of documents. User interaction with the interface can be useful to learn the organization of computer science. The gray rectangles at the top are used to display categories at level 3. Observe that these rectangles were allocated at the bottom on Figure 6, but we have moved them in order to attract reader’s attention. A subcategory is displayed in the same color as its main category. The black lines show explicitly the relationships on the chosen categories. Only a subcategory at the third level can be chosen at the same time.

The style of a color palette was proposed in order to emphasize the existence of different and disjoint categories. From our point of view, our visualization scheme offers the following advantages:

- SVG charts can be displayed on different devices and platforms

- SVG is a W3C standard, this allow users to use other XML technologies
- SVG avoids long or complex sentence structures.
- We offer a high level overview of the computer science domain
- SV tool is an accessibility alternative for large-scale collections classifed with CCS
- SV tool provides easy identification of explored and unexplored categories in an organization. It could be useful to plan research restructuring and investment
- SV tool enables simultaneous visualization of different kind of documents
- SV provides access to metadata without the lost of contextual navigation
- SV incorporates metadata in SVG charts for future applications

Some limitations of the current version are the following: 1) there is no information about the number of elements that a category has, (int the current version the number of documents that a category can contain is restricted by the size of the rectangle that represents it in the interface), and 2) the size of the squares is fixed. Given server overhead or the bandwidth restriction, it may be appropriate to generate the SVG charts in advance periodically.

5.4 Technical aspects

Xerces is the Java parser used for metadata extraction of records. SVG charts are constructed o_line in a Java application, after that, they are incorporated into a web accessible directory. SVG version 1.1 is used. Some browsers could require a SVG plug in.

6. PRELIMINARY RESULTS

We have applied some techniques on our prototype version for a preliminary evaluation of SV. We have designed tasks related to the interpretation of CCS categories in the pro-posed interface and the identification of explored and unexplored categories based on the document membership. Pre and post test questionnaires were applied to twenty users to obtain feedback. A 1 to 5 Liker-type scale was used to answer the questions. Subjects are professors and students of the computer science department; they were clustered in two groups: those with background knowledge on classification schemes and digital libraries visualization systems and those without this background.

The application of the pre-post tests and the observation of user behavior during short sessions with the interface were useful to get the following results for the first group of users:

- The use of different colors allow users to easily identify the main categories
- Users are familiar with two dimensional conceptual representations, that is, representations that map information coming from the X and Y axis
- The icons formed with basic shapes (circle, square and triangle) were considered appropriate
- Learning to use this interface is easier and more simple in the first two levels than the the tasks to access documents at the third level. These tasks require more practice
- The organization of information seems logical, although visual clues as tool-tip labels is recommended

A different set of activities were carried on with the help of three additional students participated as facilitators. They design some screen sketches (as an adaptation of a traditional story board technique) to illustrate and organize three different documents in the proposed interface. Some interesting results are the following ones: 1) the main elements were correctly identified and 2) they navigation scheme is understandable and simple. They suggest the incorporation of a map service, that is, that users are able to introduce a class name and the expected results were the respective code and vice versa.

We realize that a lot of effort is required in order to estimate the utility and usability of the proposed visualization scheme, however, we believe that preliminary results show positive clues of user satisfaction.

7. CONCLUSIONS

This paper has presented SV, a visualization interface based on SVG charts for OAI records classified with the 1998 ACM CCS. The interface enables back and forth iteration with metadata. From basic construction to incorporation of simple behaviors, we have attempted to show users a high-level perspective of collections.

This work may help on the usability and design of user interfaces of small collections classified with CCS. We have tried to maintain the design of the SVG charts as independent as possible of the size of collections. We hope to overcome the restriction on the number of documents in a category by using visualization techniques such as fish-eye views.

As future work, we plan to incorporate a mechanism to extract automatically records from the ListRecords verb of OAI-PMH protocol in order to experiment with different collections as well as to add similarity information between documents.

8. ACKNOWLEDGMENTS

We thank the efforts of students and professors of the “Programa Académico de Ingeniería en Informática” for enriching and maintaining CORTUPP collection.

9. REFERENCES

- [1] How to classify works using ACMs Computing Classification System. DOI= <http://www.acm.org/class/how-to-use.html>
- [2] Cruz M., Medina M.A., Urbina A.B. Rodríguez R. 2010. Mecanismo de navegación para colecciones de documentos digitales. Technical Report PII-25-08-10. Universidad Politécnica de Puebla. Ingeniería en Informática. December.
- [3] Fung B.C.M, Wang K, Ester M. 2003. Hierarchical document clustering using frequent itemsets. In *Proceedings of the 3rd SIAM International Conference on Data Mining (SDM, San Francisco, Ca. United States)*. 50-70.
- [4] Geroimenko V., Chen C. 2010. *Visualizing information using SVG and X3D*. XML-based technologies for the XML-based web. Springer.
- [5] Ginsburg M. 2004. Visualizing Research Digital Libraries with Open Standards. *Communications of the Association for Information systems*, 13:336-358. DOI= <http://aisel.aisnet.org/cais/vol13/iss1/22/>
- [6] Martínez A.L., Medina M.A., Rodríguez R., Velázquez J. 2010. Interfaz de navegación de colecciones de documentos organizados basada en SVG. Technical Report. Universidad Politécnica de Puebla. Ingeniería en Informática. December.
- [7] Medina M.A., Sánchez J.A. 2008. Ontoair: a method to construct lightweight ontologies from document collections. In *Proceedings of the Ninth Mexican International Conference on Computer Science (ENC 2008, Mexicali, México)*, 11-125.
- [8] Mirkin B., Nascimento S., Moniz L. 2008. Representing a computer science research organization on the ACM Computing Classification System. In *International Conference on Computer Science (ICCS Supplement'08)*. 57-65.
- [9] Sánchez J.A., Cervantes O., Ramos A., Medina M.A., Lavariega J., Balam E. 2011. Visualizing collaboration networks implicit in digital libraries using OntoStarFish. In *Proceedings of the 11th annual international ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*. 213-222.

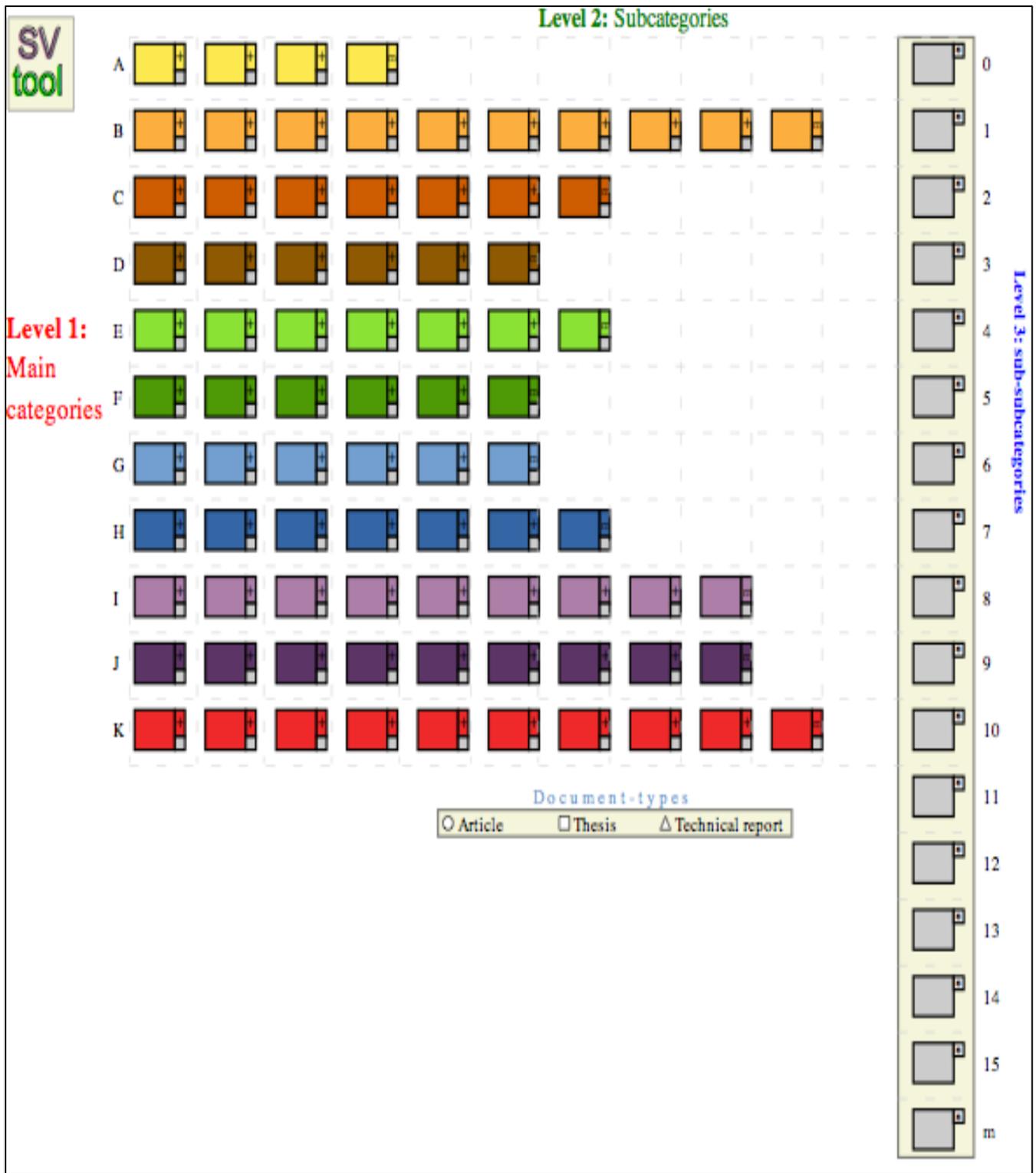


Figure 6. The interface of the proposed visualization scheme

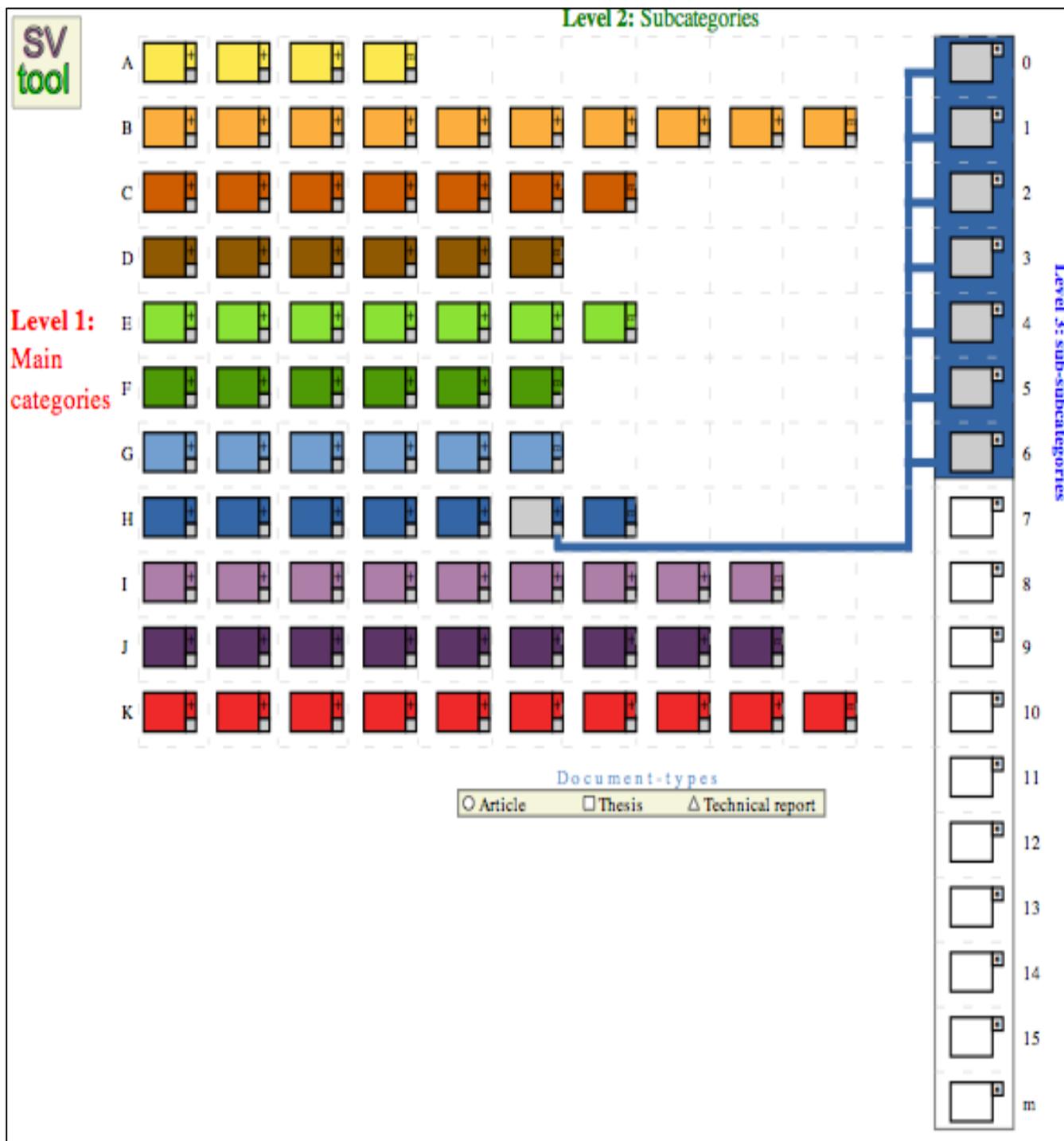


Figure 7. Visualization for documents at the third level in the proposed visualization scheme

MexIHC 2012 Proceedings Author Index



This symbol identifies a best paper award winner.



This symbol identifies a best paper nominee.

A

Acosta-Quiroz, Christian O.

Short Paper - Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Al-Shamaileh, Ons



Full Paper - The Effect of Website Interactivity and Repeated Exposure on User Experience

B

Benitez, Antonio

Full Paper - Visualization of Records Classified with the 1998 ACM CCS

C

Calvillo-Gómez, Eduardo H.

Short Paper - Towards a Taxonomy of Factors Implicated in Children-Elderly Interaction When Using Entertainment Technology

Céspedes-Hernández, David



Full Paper - Methodology for the Development of Vocal User Interfaces

Cortez-González, Joaquín

Short Paper - Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Cruz-Mendoza, Carlos R.

Full Paper - A User Experience View for Rehabilitation Systems

D

De-La-Calleja, Jorge

Full Paper - Visualization of Records Classified with the 1998 ACM CCS

Diaz-Espinosa, Javier R.

Short Paper - Familiarity of Challenges and Optimal Experience in Movement Interaction Games

G

Gonzalez, Victor M.

Short Paper - TuTur: Immersive User Experience of Tourist Visits in Virtualized Worlds

Invited Talk Paper - MexIHC@CHI: participation and contribution of Mexican HCI researchers to the ACM SIGCHI conference

González-Calleros, Juan M.

♥ Full Paper - Methodology for the Development of Vocal User Interfaces

Guerrero-García, Josefina

♥ Full Paper - Methodology for the Development of Vocal User Interfaces

Grimaldo-Martínez, Ana I.

Short Paper - Towards a Taxonomy of Factors Implicated in Children-Elderly Interaction When Using Entertainment Technology

M

Medina-Nieto, María A.

Full Paper - Visualization of Records Classified with the 1998 ACM CCS

Morales-Diaz, Leonel

Full Paper - Modeling and Characterizing User Interfaces at the Electronic Visualization Laboratory

Morán, Alberto L.

Short Paper - Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Short Paper - Towards a Taxonomy of Factors Implicated in Children-Elderly Interaction When Using Entertainment Technology

Moreno-Rocha, Mario A.

Invited Talk Paper - MexIHC@CHI: participation and contribution of Mexican HCI researchers to the ACM SIGCHI conference

Muro-Haro, Barbara P.

Full Paper - Developing Reading and Writing Skills in Children with Down Syndrome through Tangible Interfaces

P

Palacio, Ramón R.

Short Paper - Towards Videogame Design Guidelines to Promote Significant Leisure Activities in Mexican Older Adults

Pineda-Cortés, Luis A.

Full Paper - A User Experience View for Rehabilitation Systems

R

Rodríguez-Vizzuett, Liliana

 Full Paper - Methodology for the Development of Vocal User Interfaces

Romero-Mares, Pablo

Full Paper - A User Experience View for Rehabilitation Systems

Short Paper - Familiarity of Challenges and Optimal Experience in Movement Interaction Games

S

Sanchez, Alfredo

Full Paper - Visualization of Records Classified with the 1998 ACM CCS

Santana, Pedro

Full Paper - Developing Reading and Writing Skills in Children with Down Syndrome through Tangible Interfaces

Sutcliffe, Alistair

 Full Paper - The Effect of Website Interactivity and Repeated Exposure on User
 Experience

T

Torres, Francisco

Short Paper - TuTur: Immersive User Experience of Tourist Visits in Virtualized Worlds

V

Vanderdonckt, Jean

 Full Paper - Methodology for the Development of Vocal User Interfaces



MexIHC-2012

Memorias

**IV Congreso Mexicano de
Interacción Humano Computadora.**

Vol. II.

3-5 Octubre 2012, México, D.F.

Editado por:

Mónica Tentori Espinosa, Luis A. Castro Quiroa, Mario A. Moreno Rocha,
Erick López Ornelas, J. Sergio Zepeda Hernández.

División de Ciencias de la Comunicación y Diseño
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Cuajimalpa.

División de Ciencias de la Comunicación y Diseño.
Universidad Autónoma Metropolitana
Av. Constituyentes 1054.
Col. Lomas Altas, C. P. 11950
México, D. F.
México.

http:// <http://www.cua.uam.mx/>

Primera edición, 2012.

Título: Memorias IV Congreso Mexicano de Interacción Humano Computadora Vol. II.

Editores: Mónica Tentori Espinosa, Luis A. Castro Quiroa, Mario A Moreno Rocha, Erick López Ornelas, J. Sergio Zepeda Hernández.

ISBN: En trámite

Prefacio

El Congreso Mexicano de Interacción Humano Computadora (MexIHC), es un evento que se celebra de manera bianual y sirve como un espacio de vinculación entre investigadores, académicos, profesionales, estudiantes y grupos de interés. La comunidad de Interacción Humano Computadora (IHC) en México, está en proceso de expansión y busca generar una interacción más cercana entre especialistas a través de una red de investigadores de diferentes universidades.

MexIHC sirve como espacio para alcanzar este objetivo, además ofrece el apoyo académico, para que estudiantes que incursionan en esta área de investigación conozcan a personalidades y gente con larga trayectoria en el campo. En esta cuarta edición se logró obtener un comité de programa de gran calidad con 43 miembros del comité de programa, entre los cuales 24 revisores son internacionales y 19 nacionales. Cada trabajo fue revisado por al menos tres miembros del comité de programa y el rango de aceptación fue de 52.17% entre los cuales fueron seleccionados 6 artículos completos, 6 artículos cortos, 14 posters, 2 consorcios doctorales y 6 proyectos para el concurso estudiantil. La edición de las memorias de MexIHC fue dividida en 2 volúmenes, el primero es publicado en la Librería Digital de la ACM donde se incluyen artículos completos y cortos; el presente volumen dos contiene los trabajos concernientes con artículos cortos en español, posters, consorcio doctoral y el concurso de estudiantes; la importancia y descripción de estas actividades se presenta a continuación.

La sesión de posters es una actividad que marca un dinamismo de interacción entre autores y asistentes, donde se puede tener un mayor acercamiento y retroalimentación de trabajos de investigación en progreso, los cuales podrán ser presentados en futuros eventos relacionados a IHC como artículos completos y de mayor trascendencia. El consorcio doctoral pretende orientar y retroalimentar la visión inicial de trabajos de investigación de doctorado. Los especialistas ofrecen críticas, opiniones, comentarios para poder retroalimentar y confirmar o en su caso redirigir a nuevos horizontes los trabajos de investigación de doctorado.

En MexIHC-2012 se incluye la segunda edición del concurso de estudiantes, la cual fue una de las actividades más interesantes en MexIHC-2010 debido el entusiasmo que presentaron los estudiantes al proponer soluciones ingeniosas ante un problema dado previamente. El concurso tiene como principal objetivo fomentar el trabajo en equipo, búsqueda de soluciones ingeniosas, vinculación en la investigación, además de: apoyar, retroalimentar y orientar a los estudiantes con interés en el desarrollo de sistemas interactivos a partir de la vinculación con expertos en el área de Interacción Humano Computadora en México. En esta ocasión nuevamente recibimos el entusiasmo y participación de estudiantes de diferentes universidades y después de un proceso de revisión se seleccionaron los 6 mejores proyectos para ser presentados ante la comunidad.

Por último, es importante resaltar el espíritu de colaboración de la comunidad IHC en México y estrechar vínculos con otras comunidades a nivel internacional. Para alcanzar este objetivo la edición de MexIHC-2012 fue organizada de manera conjunta con el XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2012) celebrado en España. Estableciendo lazos de cooperación entre la Asociación Mexicana de Interacción Humano Computadora A.C. (AMexIHC) y la Asociación para la Interacción Persona Ordenador (AIPO) en España. Parte de este esfuerzo, es la celebración de ambos eventos de manera paralela en fechas y compartiendo conferencias magistrales a través de videoconferencias y sincronizando las ceremonias de inauguración y clausura. Sin duda en cada nueva edición MexIHC alcanza un mayor impacto a nivel nacional e internacional y tiene mayor trascendencia en el área de investigación y la academia.

Comité de Edición.

Comité Organizador

Presidente del IV Congreso Mexicano Interacción Humano Computadora (MexIHC-2012).

J. Sergio Zepeda Hernández.

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-C).

Presidentes del Comité Organizador

Víctor M. González y González.

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Eduardo H. Calvillo Gámez.

Presidente de la Asociación Mexicana de Interacción Humano Computadora A.C. (AMexIHC).

Loullie Mucharraz Gómez.

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Presidentes del Comité de Programa

Mónica Tentori.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California (CICESE).

Luis A. Castro Quiroa.

Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).

Presidente Sesión Posters y Consorcio Doctoral

Erick López Ornelas.

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-C).

Presidente Concurso Estudiantes

Mario A. Moreno Rocha.

Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM).

Presidente Talleres

Lucila Mercado Colín.

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-C).

Comité Directivo

Eduardo H. Calvillo Gámez.

Universidad Politécnica de San Luis Potosí (UPSLP).

J. Alfredo Sánchez.

Universidad de las Américas Puebla (UDLAP).

Víctor M. González y González.

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Publicidad de Enlace

Raymundo Cornejo.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California (CICESE).

Miembros del Comité de Programa

Alfredo Sánchez, UDLA, México.
Antonella De Angeli, University of Trento, Italia.
Aurora Vizcaino Barceló, Universidad de Castilla-La Mancha, España.
Benjamin Weyers, University of Duisburg-Essen, Alemania.
Cesar Guerra, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México.
Christian Sturm, Hewlett Packard, España.
Clarisse de Souza, PUC-Rio, Brasil.
Cuauhtemoc Rivera Loaiza, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
Dominic Furniss, UCL, Reino Unido.
Edgar Cambranes, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
Eduardo H. Calvillo Gámez, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, México.
Elizabeth Furtado, UNIFOR, Brasil.
Emanuel Munguia Tapia, Nokia Research, Estados Unidos.
Erick López Ornelas, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
Fatima Boujarwah, Kuwait University, Kuwait.
Jaime Muñoz Arteaga, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
Jair C. Leite, Universidad Federal de Río Grande del Norte, Brasil.
Jesús Favela, CICESE, México.
Jorge Arroyo Palacios, Event Lab, España.
Jose Creissac Campos, Universidade do Minho, Portugal.
Juan Pablo Hourcade, University of Iowa, Estados Unidos.
Leonel Morales-Díaz, Universidad Francisco Marroquín, Guatemala.
Lucia Filgueiras, Escola Politecnica, University of Sao Paulo, Brasil.
Luis Castro, Instituto Tecnológico de Sonora, México.
Marc Jansen, University of Applied Sciences Ruhr West, Alemania.
Marcela Christina Musgrove, University of Illinois, E.U.
Marcela D. Rodríguez, UABC, México.
Mario Moreno, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
Martha Sylvia del Rio, UDEM, México.
Miguel Ángel García Ruiz, Algoma University, Canada.
Mónica Tentori, CICESE, México.
Oscar de Bruijn, University of Manchester, Reino Unido.
Oscar Mayora Ibarra, CREATE-NET, Italia.
Oscar Murillo, Microsoft, USA.
Pedro Santana, Universidad de Colima, México.
Ramón Palacio, Instituto Tecnológico de Sonora, México.
Raúl Antonio Aguilar Vera, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
Ricardo Sosa, Singapore University of Technology & Design, Singapur.
Rocío Abascal Mena, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
Rosa Arriaga, Georgia Institute of Technology, USA.
J. Sergio Zepeda, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
Valeria Herskovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
Victor González, ITAM, México.

Agradecimientos

El comité organizador expresa su sincero agradecimiento por todo el apoyo brindado para la realización del IV Congreso Mexicano de Interacción Humano Computadora 2012 a:

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa (UAM-C).
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California (CICESE).
Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).
Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM).
Asociación Mexicana de Interacción Humano Computadora A.C. (AMexIHC).
Asociación para la Interacción Persona Ordenador (AIPO-España).



Agradecimientos muy especiales por su valiosa ayuda a:



Dr. Christian Lemaître y León.
Mtra. Elena Esperanza Segurajáuregui Álvarez.
Dr. Héctor Jiménez Salazar.
Dra. Rocío Abascal Mena.
Mtro. Wulfrano Arturo Luna Ramírez.
Lic. Luis Eduardo Vaquera Patiño
C. René Ortiz González (voluntario).

Y también agradecemos el patrocinio de:



Índice general

Sesión de Posters

Modelado e Implementación de un Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil. 1

Gina Gallegos-García, Fernando Gálvez Castillo, David Badillo Rodríguez, Gualberto Aguilar Torres.

Propuesta de Metodología de Evaluación de Usabilidad para la Eficiencia en Plataformas LMS. 5

Francisco Torres Guerrero, Aída Lucina González Lara

Hacia la definición de una estrategia para la integración de diferencias transculturales en el diseño de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) implementando Indicadores de Sociedad de Información (ISI). 9

Víctor M. García Luna, Mario A. Moreno Rocha, Néna Roa Seiler, Paul Craig.

Mi Cafetería: aplicación para ordenar comida a través de dispositivos móviles. 13

Perla L. García, Pedro C. Santana, Irsa Y. Valencia, Grecia A. López.

¿Qué pasa?: Un tablero de comunicación ampliada para niños con discapacidad de lenguaje. 17

Lizeth Islas, Víctor M. González.

Evaluación heurística a la plataforma e-planea. 20

Pedro C. Santana, Martha A. Magaña, Ana C. Ahumada.

Uso del TAM en la evaluación de una plataforma basada en la actividad para dar soporte al RUP. 22

Karla P. Calderón Vaca, Pedro C. Santana, Miguel Ángel Rodríguez Ortiz.

Activación física para niños video jugadores. 24

Grecia A. López Orozco, Pedro C. Santana, Juan Michel García Díaz.

Interacción Social de Niños Autistas con un Agente Corpóreo. 26

Ma. de la Luz Palacios Villavicencio, Néna Roa-Seiler, Wendy Yaneth García Martínez.

Implementación de una Red Contextual en la población de Capula, Michoacán. 29

Cuauhtémoc Rivera Loaiza, Ma. Margarita Virgen González.

Metodología DCU aplicada en diseño de aplicación móvil para plataforma de enseñanza aprendizaje. 31

Aída L. González Lara, Ofelia P. Carrera Reyes, Víctor H. Aquino Hernández.

Portal para la Visualización y Extracción de Material Audiovisual de Proyectos Terminales Digitales DIGITAL PT. 34

Yanet López Félix, Rocío Abascal Mena.

Visualizing and browsing document collections using self-organized maps.	38
<i>Ernesto Gutierrez, J. Alfredo Sánchez, Antonio Razo, Nilda Galán, Ofelia Cervantes.</i>	
StarGroups: Visualization and navigation of large document collections.	41
<i>Nilda Galán Hernández, J. Alfredo Sánchez, Antonio Razo, Ernesto Gutiérrez Corona, Ofelia Cervantes.</i>	
Sesión Consorcio Doctoral	
Patrones de interacción y su aplicación a la administración de la privacidad en Internet.	45
<i>Sandra Murillo, J. Alfredo Sánchez.</i>	
Experiencia de usuario óptima en sistemas digitales con interacción corporal especializados en rehabilitación.	48
<i>Ricardo Cruz Mendoza, Pablo Romero, Luis A. Pineda.</i>	
Sesión Concurso Estudiantil	
ActivaT: sistema para motivar la actividad física de estudiantes universitarios.	50
<i>Perla Leticia Garcia Ponce, Irsa Yuliana Valencia Valencia.</i>	
MaxG VS la grasa, por un México divertido sin obesidad.	56
<i>Fernando Luján Chavarría, Luis A. Sánchez Limón, Lucero Rangel Méndez, David Ángel Hernández Sánchez.</i>	
Kenap´Naaá: Sistema Diseñado para Motivar un Mundo Saludable A través de los Niños.	62
<i>Hermenegildo Fernández Santos, Marvelia Gizé Jiménez Guzmán, Abigail Juárez Castellanos, Joscelin Rojas López.</i>	
Motivando la activación física infantil por medio de un videojuego educativo.	68
<i>Arantxa Y. Villaseñor, Bárbara P. Muro, Eneida M. Sánchez, Joel Hernández.</i>	
SMAC - Sólo por hoy Muévete Aliméntate y Cuídate: Aplicación SMS para motivación física y de orientación nutricional que combate el sedentarismo en oficinas.	74
<i>Wendy Yaneth García Martínez, Eduardo Nila Cortez.</i>	
Videojuegos para el Fomento de Actividades Físicas.	80
<i>J. Rafael Díaz Rodríguez, Francisco A. Herrera Martín del Campo, Erika Ruiz Díaz, Tanya Cecilia Vaca Lázaro.</i>	
Sesión artículo corto en Español	
Validación de una estrategia de interacción de un agente corpóreo conversacional a través de la técnica del mago de Oz.	86
<i>Daniel Martínez García, Paul Craig, Néna Roa Seiler, Ariadna Benítez Saucedo.</i>	

Modelado e Implementación de un Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil

Gina Gallegos-García SEPI IPN ESIME Culhuacan Sta. Ana 1000. Coyoacán. 04430 México DF ggallegosg@ipn.mx	Fernando Gálvez Castillo IPN ESIME Culhuacan Sta. Ana 1000. Coyoacán. 04430 México DF fgalvezc@hotmail.com	David Badillo Rodríguez SEPI IPN ESIME Culhuacan Sta. Ana 1000. Coyoacán. 04430 México DF brdavid6@gmail.com	Gualberto Aguilar Torres SEPI IPN ESIME Culhuacan Sta. Ana 1000. Coyoacán. 04430 México DF gaguilar@ipn.mx
---	---	---	---

RESUMEN

Desde hace algunas décadas la interacción hombre – maquina ha traído grandes beneficios, entre los que destaca la automatización de procesos. En la actualidad, uno de los procesos con mayor atención es el proceso de votación, el cual, con al uso de las tecnologías de la información, toma el nombre de votación electrónica. Sin embargo, las aportaciones hechas a la fecha sobre este tema, han dejado de lado la característica principal que aporta el modelado de un Sistema de Información. Con base en ello, en este artículo se presenta el modelado y la implementación de un Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil, que toma como caso de estudio la elección de un representante dentro de una comunidad estudiantil. Los resultados obtenidos muestran que el sistema ayuda a garantizar la confidencialidad de la información que en él se maneja, la integridad de los resultados obtenidos y una disminución del tiempo de ejecución del proceso. Todo esto, con base en el proceso de votación convencional que sigue el caso de estudio utilizado.

Palabras Clave

Primitivas Criptográficas; Sistema de Votación Electrónica; Votación Electrónica Móvil.

INTRODUCCIÓN

Debido al rápido crecimiento de las tecnologías de la información es que surge la votación electrónica, la cual permite a los usuarios ser partícipes de procesos de votación automatizados.

Como en muchos otros países, en la ciudad de México, existen múltiples comunidades estudiantiles, en donde a menudo se llevan a cabo diferentes procesos de votación para la elección de un representante. Sin embargo en estas comunidades se suelen presentar problemas o situaciones que retrasan el proceso de la votación, como lo son: la aparición de votos dobles, la emisión de votos por votantes no registrados y la imprescindible necesidad de estar presente en el lugar exacto el día de lo votación, con lo que la publicación de resultados se vuelve desconfiable [1]. Con base en lo anterior, en este artículo se presenta el modelado y la implementación de un Sistema de Información para

Votación Electrónica Móvil, con el cual se puedan ejecutar las fases de registro, autenticación, votación y conteo. Además de agilizar y movilizar los procesos de votación así como garantizar la emisión de los resultados de manera confiable.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección II se hace mención del trabajo relacionado con sistemas de votación electrónica móvil. En la Sección III se listan los requisitos del sistema de votación electrónica móvil. En la Sección IV se describen las primitivas criptográficas usadas para asegurar la información del sistema. La Sección V muestra los diagramas que describen el modelado del sistema. En la Sección VI se observa la implementación del sistema por componentes. En la sección VII se muestran las pruebas y en la Sección VIII se detallan los resultados obtenidos. Por ultimo, en la Sección IX se presentan las conclusiones y el posible trabajo a futuro.

TRABAJO RELACIONADO

En 2007, [2], la Oficina General de Procesos Electorales realizo un documento de trabajo referente al aspecto tecnológico del voto electrónico donde se da un análisis comparativo entre los diversos sistemas de votación y sobre el desarrollo de estos. La revista digital universitaria de la coordinación de publicaciones digitales DGSCA-UNAM, que en junio de 2008 realizó un artículo para la emisión de votos a través de dispositivos móviles [3], presenta la implementación de una aplicación web que permite emitir el voto en cualquier lugar y en cualquier momento. La condición de este sistema es que los votantes sin acceso a Internet no pueden utilizar dicho sistema. En 2009 la universidad de Jamaica West Indies [4] implementó un sistema de votación electrónica móvil basado en biometría, específicamente huellas digitales, para mantener el anonimato de los votantes y evitar que una persona vote en lugar de otra. En 2012, el sistema VOTESCRIPT [5] tiene como objetivos la modelización y el desarrollo de un prototipo de votación electrónica para realizar votaciones seguras mediante redes de ordenadores públicas.

Como se puede ver, la mayoría de las aportaciones no se enfocan en el modelado del sistema, por lo que en este

artículo se presenta el Modelado y la Implementación de un Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil.

REQUISITOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA VOTACIÓN ELECTRÓNICA MÓVIL

Los requisitos de un sistema son aquellos parámetros que se deben seguir para el correcto funcionamiento del mismo. Los requisitos que debe cumplir el Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil son [6]:

1. Solo los votantes registrados podrán votar, 2. Cada votante podrá emitir su voto una sola vez. 3. No se podrá relacionar al voto con el votante que lo emitió. 4. El sistema no dependerá del uso de una red pública. 5. Ninguna persona estará autorizada para votar en lugar de otra. 6. Todos los votos permanecerán en secreto hasta que finalice la etapa de votación. 7. Ninguna persona estará autorizada para modificar, insertar o eliminar votos.

PRIMITIVAS CRIPTOGRÁFICAS UTILIZADAS EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA VOTACIÓN ELECTRÓNICA MÓVIL

Para que las fases del Sistema de Información puedan cumplir con los requisitos mencionados anteriormente, el sistema propuesto hace uso de una combinación de algoritmos y prácticas conocidas como primitivas criptográficas. Tales primitivas se dividen en: primitivas de cifrado y descifrado, primitivas de firma y verificación y primitivas de hash. Además, las fases consideran restricciones de uso, perfiles de usuario y privilegios a usuarios autorizados.

Cifrado y Descifrado

La primitiva de cifrado y descifrado utilizada en el sistema es la de RSA [7], la cual está dividida en tres algoritmos: generación de llaves, cifrado y descifrado. En el algoritmo de generación de llaves, se obtiene una llave pública y una llave privada, las cuales son únicas y difícilmente se puede obtener una a partir de la otra. En el algoritmo de cifrado, mediante el uso de la llave pública previamente generada, se cifra el voto emitido por cada votante. Y con el algoritmo de descifrado se elimina la transformación hecha que hizo el algoritmo de cifrado al voto. De tal forma que sólo la entidad permitida es capaz de llevar a cabo dicha eliminación. Estas primitivas se utilizan en las fases de votación y conteo.

Firma y Verificación

Con la finalidad de generar votos válidos y cubriendo el requisito de no ligar al votante con el voto, la primitiva criptográfica que se utiliza en las fases de votación y conteo del sistema propuesto es: la firma ciega basada en RSA [8]. La firma ciega consiste en firmar documentos, con la particularidad de que la entidad que firma no conoce el contenido del mensaje. La verificación de la misma se hace mediante el uso de la llave pública, asegurando que dicha firma fue realizada por una entidad en particular.

Hash

La primitiva criptográfica de hash utilizada en las fases del sistema, es la función hash SHA-1 [9]. El concepto principal de estas funciones es que toman como entrada un mensaje de longitud variable para convertirlo en un mensaje de salida de longitud fija. Estas funciones son de una vía, esto significa que es posible calcular el valor hash de un mensaje, pero será inviable generar el mensaje a partir de su valor hash. Esta primitiva es utilizada en las fases de registro y autenticación.

MODELADO DEL SISTEMA DE INFORMACION PARA VOTACION ELECTRONICA MOVIL

El Sistema de Información está dividido en cuatro fases: registro, autenticación, votación y conteo. La primera fase se encarga de registrar el nombre de usuario, la boleta de los alumnos de la comunidad estudiantil y la contraseña del participante. La segunda fase se encarga de autenticar al votante para que pueda votar por medio de un dispositivo móvil. En la tercera fase se elige al candidato. Y por ultimo en la cuarta fase se realiza el conteo de los votos emitidos.

La metodología utilizada para el modelado del Sistema considera el Lenguaje Unificado de Modelo UML [10]. A continuación se presentan algunos de los diagramas generados como parte del diseño de las fases del sistema.

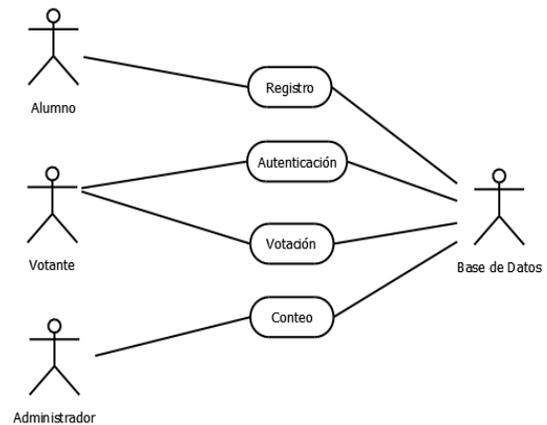


Figura 1. Los casos de uso del sistema consideran 3 actores primarios y 1 actor secundario.

Diagrama de Caso de Uso del Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil

Básicamente un caso de uso es la representación de las acciones que se ejecutan en un sistema por un determinado actor. La Figura 1 muestra la interacción entre el usuario y las acciones esenciales que puede realizar en el sistema, así como los actores que se encuentran en ella.

Diagrama de Secuencia de la fase de registro del Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil

Un diagrama de secuencia es la representación gráfica de todos los cursos alternos que puede tomar un determinado caso de uso, es decir muestra la interacción de un conjunto de objetos en cada caso de uso a través del tiempo.

La Figura 2 muestra la participación que tienen los actores alumno y base de datos con la interfaz alumno y el controlador Hash del caso de uso de la fase de registro. Cabe mencionar que para cada una de las fases del sistema se realizó un diagrama de secuencia.

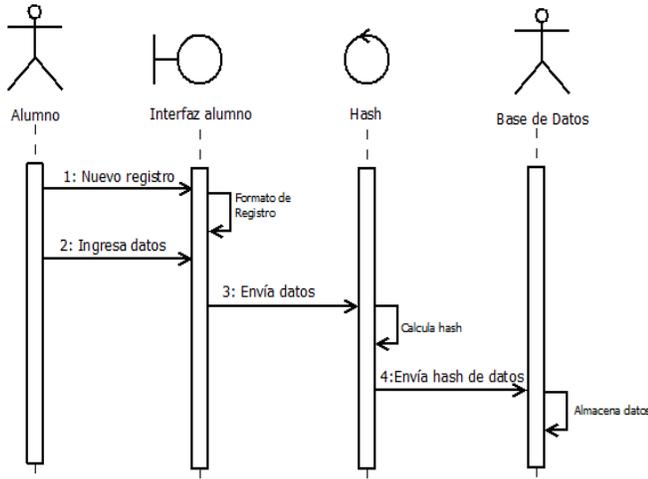


Figura 2. El diagrama de secuencia de la fase de registro del sistema tiene un estereotipo borde y un estereotipo control

IMPLEMENTACIÓN DE LAS FASES DEL SISTEMA DE VOTACIÓN ELECTRÓNICA MÓVIL

Para la implementación del Sistema se utilizó el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) NetBeans de Java para la fase de registro y de conteo. Además, se utilizó el IDE de Eclipse [11], así como el emulador de *Android* para las fases de autenticación y votación. A continuación se puede ver parte del código que corresponde al método utilizado para generar el valor hash de la contraseña de cada participante.

```

String getHash() throws UnsupportedOperationException{
    try {
        this.md = MessageDigest.getInstance("SHA-1");
    } catch (NoSuchAlgorithmException e) {
        // TODO Auto-generated catch block
        e.printStackTrace();
    }
    byte[] shalhash = new byte[40];
}
    
```

Figura 3. Fragmento del código de la clase que genera un valor hash de la contraseña

PRUEBAS DE LAS FASES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA VOTACION ELECTRÓNICA MÓVIL

Para probar las fases de Registro, Autenticación, Votación y Conteo se utilizaron pruebas de caja negra, con la finalidad de verificar la integración de las fases de. Así como para comprobar el correcto funcionamiento del código y para

detectar errores en las interfaces de usuario. A continuación se muestra a detalle la prueba para la fase registro.

Prueba de la Fase de Registro

Para la prueba de caja negra de la fase de registro, el participante tiene que introducir su nombre de usuario, su número de boleta y una contraseña. La Figura 4 muestra la interfaz gráfica que obtiene el resultado esperado al introducir los datos del participante y haber presionado el botón “Aceptar”.

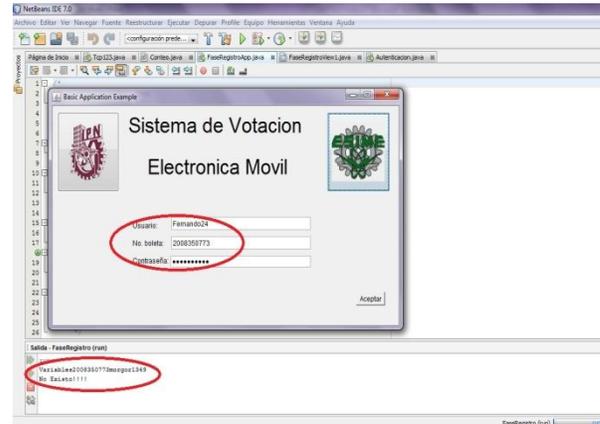


Figura 4. Resultado de la prueba de la caja negra de la Fase de Registro

RESULTADOS DEL SISTEMA DE INFORMACION PARA VOTACION ELECTRONICA MOVIL

El Sistema de Información fue utilizado dentro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Culhuacan, en donde el proceso de votación convencional para elegir al jefe de un grupo consiste en un proceso de tres etapas. La primera etapa radica en el registro de los alumnos, la segunda etapa es la votación, en la cual los alumnos levantan la mano para que en una tercera etapa algún mediador realice el conteo y emita los resultados de los votos a favor de un candidato en particular. Sin embargo, cabe resaltar que en la segunda etapa, algunos alumnos votan más de dos veces ó votan sin estar inscritos en el grupo, lo que hace tardío el proceso ya que comienzan protestas referentes al mal conteo, impidiendo así la emisión de resultados rápidos y confiables.

Con base en este escenario, la Tabla 1 presenta el tiempo de ejecución de cada fase del Sistema contra el proceso convencional de votación. La primera fila muestra las cuatro fases de un proceso de votación: Registro (R), Autenticación (A), Votación (V) y Conteo (C). La segunda muestra el tiempo de ejecución de cada una de ellas haciendo uso del Sistema de Votación Electrónica Móvil y la tercera muestra el tiempo de ejecución de las mismas considerando el proceso convencional de votación. Es importante mencionar que los tiempos reportados son por votante. En dicha Tabla, se puede ver que si el sistema propuesto se utiliza para seleccionar al jefe de un grupo, la

velocidad del proceso de votación se incrementa considerablemente. Por otro lado cabe mencionar que el Sistema de Votación Electrónica propuesto fue probado en un teléfono celular con el sistema operativo Android versión 2.2 el cual cuenta con una memoria flash interna de 158MB y un procesador de 800MHz. Además el dispositivo se puso a disposición de 15 alumnos, los cuales expresaron que el sistema tenía una interfaz intuitiva para el usuario y fácil de manipular.

Fase	R	A	V	C
Sistema Propuesto	22 seg	60 seg	19 seg	5 seg
Proceso Convencional	300 seg	N/A	60 seg	600 seg

Tabla 1. Tiempos de Ejecución por Fase del Sistema de Información para Votación Electrónica móvil

CONCLUSIONES

La votación electrónica local y la remota comprenden la automatización de procesos, que abarca desde medios electrónicos para el conteo de votos hasta el uso de diferentes dispositivos para la emisión de votos. Además utilizando un dispositivo móvil se evitan largas filas o procesos convencionales para emitir el voto, asimismo el votante puede hacerlo desde el lugar en el que se encuentre sin necesidad de acudir a un lugar específico el día de las elecciones. Con el uso de las nuevas tecnologías de la información y de diferentes primitivas criptográficas, aumenta la rapidez con las que se ejecutan las fases que comprenden un proceso de votación y aseguran que la información no sea susceptible de sufrir alteraciones o cambios.

En este artículo se presentó el modelado de un Sistema de Información para Votación Electrónica Móvil, el cual cumple con los requisitos que debe tener un sistema de este tipo. Con base en ello, queda definida una métrica de modelado que puede ser utilizada en cualquier proceso estudiantil de votación. Además, con este sistema se garantiza la seguridad de la información que en él se maneja y queda establecido el uso de este tipo de sistemas, cuando se hace necesaria la movilidad de los votantes y la ejecución de procesos más rápidos, en comparación con los procesos convencionales de votación que se tienen dentro de comunidades estudiantiles.

Como trabajo a futuro y con base en el modelado se deja abierta la posibilidad de integrar la fase de Registro y Autenticación a un Gestor de Base de Datos, con la finalidad de automatizar el proceso al 100%.

REFERENCIAS

1. Dr. Alfredo de la Rosa Pérez, “Una Visión Global del México Actual”, Promep, 1ª Edición, 2009, 112-115.
2. Luis Panizo Alonso, “Aspectos Tecnológicos Del Voto Electrónico”, documento de trabajo N.º 17, primera edición, Lima Perú, Diciembre 2007.
3. Gamaliel Marín Quebrado, Luis Antonio Gama Moreno, “Emisión de Votos a través de Dispositivos Móviles”, vol. 9, no. 6, 10 de Junio del 2008.
4. Tohari Ahmad, Jiankun Hu, “An Efficient Mobile Voting System Security Scheme based on Elliptic Curve Cryptography”, Third International Conference on Network and System Security, 2009.
5. J. Carracedo Gallardo, A. Gómez Oliva y J. D. Carracedo Verde, Sistema VOTESCRIPT: Una propuesta innovadora desarrollada para resolver los problemas clásicos de la votación electrónica. Fecha de consulta: abril 2012 [En línea]. Disponible en: http://vototelematico.diatel.upm.es/articulos/VOTESCRIPT_mexico.pdf
6. Dept. of Information and Communication Systems, University of the Aegean, Dept. of Informatics, Athens University of Economics and Business “Functional Requirements for a Secure Electronic Voting System,” 2002. Fecha de consulta: abril 2012 [En línea]. Disponible en: <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?Doi=10.1.1.105.6424>.
7. R. Rivest, A. Shamir y L. Adleman, “A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems”, *Communications of the ACM*, Vol. 21 (2), 1978.
8. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, Departamento de Ingeniería Eléctrica Sección de Computación, Diseño y Desarrollo de un Sistema para Elecciones Electrónica Seguras (SELES), Claudia Patricia García Zamora, México D.F., Septiembre 2005.
9. Henk C. A van Tilborg, Editor-in-Chief, *Encyclopedia of Cryptography and Security*, Springer, 2005
10. I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, Addison Wesley, 2000.
11. IDE de Eclipse Fecha de consulta: abril 2012 [En línea]. Disponible en: <http://www.eclipse.org/downloads/>

Propuesta de Metodología de Evaluación de Usabilidad para la Eficiencia en Plataformas LMS

**Dr. Francisco Torres
Guerrero**

Universidad Autónoma de
Nuevo León
franciscot@gmail.com

**M.C. Aída Lucina González
Lara**

Universidad Autónoma de
Nuevo León
aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al aplicar una metodología de auto aplicación en la evaluación de usabilidad a una plataforma LMS utilizada en una institución educativa de educación superior, esta evaluación se realiza con respecto a la eficiencia de uso por parte de los profesores; en esta metodología, los usuarios dentro de un contexto cotidiano y a través de un instrumento, evalúan la usabilidad del sitio tomando en cuenta los 10 aspectos considerados por Nielsen, es decir, tomando en cuenta la opinión de los expertos en el sistema y no a los expertos formales en usabilidad.

Author Keywords

Usabilidad, LMS, Interfaces.

ACM Classification Keywords

H. Information Systems

H.5 INFORMATION INTERFACES AND
PRESENTATION (I.7)

H.5.2 User Interfaces (D.2.2, H.1.2, I.3.6)

General Terms

Human Factors: Usability

INTRODUCCIÓN

Cada vez es más común que los profesores integren el uso de tecnología de la información en la impartición de cursos, con la meta de encontrar nuevas formas para mejorar las técnicas clásicas de enseñanza, teniendo la necesidad de encontrar herramientas que sean flexibles y capaces de soportar los diferentes escenarios de aprendizaje. de la información que se desea enseñar [1, 2].

Las plataformas de administración de aprendizaje o de gestión de aprendizaje, conocidas por su nombre en inglés como *Learning Management Systems* (LMS), han demostrado ser muy útiles para llegar a cumplir el objetivo de mejorar la comunicación entre el profesor y el alumno, dar una retroalimentación más efectiva en las actividades en línea, el uso de elementos multimedia como fotografías, audio y video, así como el apoyo del aprendizaje síncrono, donde el objetivo es ayudar al profesor a lograr llegar a las

metas de aprendizaje grupales y asíncrono, el cual ayuda a desarrollar las metas de aprendizajes individuales [2].

Aunque el uso de plataformas LMS puede construir nuevas oportunidades en el aprendizaje, existen dificultades que limitan la integración del LMS con los modelos educativos [3,4, 5].

JUSTIFICACIÓN

La usabilidad dentro una plataforma se refiere a la interacción entre el software y los usuarios, se relaciona con atributos y características, como lo son: la facilidad de aprender a utilizar el software y explorar todo su potencial, la eficiencia del uso del software minimizando los errores, la facilidad de la navegación a través de las pantallas del software y operaciones; atractivo del software y satisfacción de los usuarios, entre otras [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. El logro del éxito del uso de la plataforma se relaciona con la aceptación de los instructores, que a su vez inician y promueven en los alumnos la utilización de LMS [1].

Existen varias investigaciones relacionadas con el aprendizaje en línea, pero la mayoría se centra en el uso de las herramientas de aprendizaje del alumno, por otro lado, las investigaciones referentes a la usabilidad de la plataforma para el diseño efectivo de cursos en línea es poca o casi nula. Esta investigación tiene como aporte original el indagar la usabilidad a la que se enfrenta el profesor en el diseño y gestión de cursos en línea para lograr las metas sus propuestas para dichas actividades.

EVALUACIÓN HEURÍSTICA

El método de evaluación heurística fue desarrollado por Nielsen [9], éste consiste en tener un estándar o lineamientos de usabilidad para el análisis del sistema, su primera versión fue propuesta por Nielsen y Molich[13], posteriormente surgió una versión [14] pero Nielsen en [9] publicó una versión mejorada de su técnica de usabilidad . Los lineamientos definidos para la evaluación heurística son 10 y se recomienda que sean 5 evaluadores los que apliquen el procedimiento [7,15,16,17,18]. Los 10 lineamientos evalúan los siguientes aspectos:

1. Visibilidad del estado del sistema. El sistema debe mantener siempre informado a los usuarios acerca de lo que está ocurriendo, a través de una retroalimentación o "feed-back" adecuado y en un tiempo razonable. Por ejemplo: una barra de estado al momento de cargar o descargar algo, o el resultado de alguna búsqueda.

2. Similitud entre el sistema y el mundo real. El sistema debe hablar el lenguaje de los usuarios, con las palabras, las frases y los conceptos familiares, en lugar de que los términos estén orientados al propio sistema. Utilizar convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.

3. Control por parte del usuario y libertad de acción. Los usuarios eligen a menudo funciones del sistema por error y necesita una salida de emergencia claramente marcada, esto es, salir del estado indeseado sin tener que pasar por un largo diálogo con el sistema. Ya que es muy frustrante tener que cerrar la aplicación y empezar desde el principio, por eso es importante disponer de opciones de deshacer y rehacer.

4. Consistencia y cumplimiento de estándares. Los usuarios no deben tener que preguntarse si las diversas palabras, situaciones, o acciones significan la misma cosa. En general siga las normas y convenciones de la plataforma sobre la que está implementando el sistema. En el desarrollo de sitios web es conveniente preferir los estilos por default de botones, barras de scroll, etc. provistas por la plataforma.

5. Prevención de errores. Aún mejor que el desarrollar buenos mensajes de error es tener un diseño cuidadoso que prevenga la ocurrencia de errores. Eliminar las condiciones con tendencia a error o revisar por ellos y presentarla a los usuarios con una opción de confirmación antes de que ejecuten la acción.

Hay que asegurarse de que las instrucciones estén escritas de una manera clara y que éstas sean desplegadas de manera conveniente, evitando cualquier tipo de contaminación visual. Por ejemplo si se requiere el llenado de un formulario con campos obligatorios, destáquelos por sobre el resto de las entradas.

6. Preferencia al reconocimiento frente a la memorización. Minimizar la carga de la memoria del usuario. El usuario no debería tener que recordar la información de una parte del diálogo a la otra. Haga que los objetos, acciones y opciones sean visibles. Las instrucciones de uso del sistema deben de ser visibles y fácilmente accesibles cuando el usuario lo considere necesario.

7. Flexibilidad y eficiencia en el uso. Los aceleradores no vistos por el usuario principiante, mejoran la interacción

para el usuario experto de tal manera que el sistema puede servir para usuarios inexpertos y experimentados. Es conveniente permitir a los usuarios que personalicen ciertas acciones frecuentes, por ejemplo los atajos de teclados o combinaciones de teclas: F5, ctrl + C, ctrl + F

8. Estética y diseño minimalista. Los diálogos no deben contener la información que sea irrelevante o se necesite raramente. Cada unidad adicional de la información en un diálogo compite con las unidades relevantes de la información y disminuye su visibilidad relativa.

9. Ayuda para que el usuario reconozca, diagnostique y se recupere de los errores cometidos. Los mensajes de error se deben expresar en un lenguaje claro (no códigos) se debe indicar exactamente el problema, y deben ser constructivos. Es decir no solamente deben indicar que tipo de error es si no también orientar al usuario en la solución del mismo.

10. Ayuda y documentación. Aunque es mejor si el sistema se puede usar sin documentación, puede ser necesario disponer de ayuda y documentación. Ésta tiene que ser fácil de buscar, centrada en las tareas del usuario, tener información de las etapas a realizar y que no sea muy extensa.

La metodología propuesta por Nielsen está basada en que un experto en el área de usabilidad evalúe la interfaz, teniendo como base los 10 aspectos considerados anteriormente. Esto resulta muchas veces complicado, ya que muchos equipos de desarrollo no cuentan con un experto en usabilidad. La presente investigación propone una metodología de auto aplicación, en la cual, los usuarios, dentro de un contexto cotidiano y a través de un instrumento, evalúan la usabilidad del sitio tomando en cuenta los 10 aspectos considerado por Nielsen, es decir, tomando en cuenta la opinión de los expertos en el sistema y no a los expertos formales en usabilidad, lo cual propone la siguiente pregunta de investigación de carácter exploratorio:

¿Podrían los usuarios dar una retroalimentación eficaz de usabilidad?

MÉTODO

En la presente investigación, para el análisis se usa la plataforma utilizada por una institución educativa de nivel superior, en la cual sólo se tomarán en cuenta aquellos cursos que actualmente estén utilizando la plataforma. Se elaboró un cuestionario que indaga en los 10 aspectos propuestos por Nielsen mencionados en la sección anterior por medio de saturación de respuestas y análisis factorial. El instrumento se piloteó tres veces lo cual permitió que todos sus ítems fueran discriminatorios. En las diferentes aplicaciones se explico cuales eran las 10 categorías y se

fue trabajando en el vocabulario utilizado en el instrumento para que este fuera cada vez mas entendible para los participantes.

PARTICIPANTES

Para este estudio, por medio de una invitación formal a través de correo electrónico, se invitó a evaluar en formato electrónico la plataforma a todos los profesores que la utilizan actualmente, se tomaron en cuenta a 32 participantes que por el tiempo y el número de cursos impartidos, se consideran como expertos en la plataforma. Se considero experto aquellos maestros que hayan utilizado la plataforma por mas de 3 cursos en más de un ciclo académico y que el curso corresponda a la modalidad de clase presencial con apoyo de la plataforma. Cada sección de preguntas contaba con explicación correspondiente a cada categoría. En donde los resultados sera presentados a los evaluadores por correo electrónico a solicitud.

RESULTADOS

El análisis de cada una de las dimensiones de la plataforma fue evaluada utilizando el alpha de cronbach para evaluar la consistencia interna del instrumento.

Dimensión	Mín	Max	Media	S	S ²	Alpha
Visibilidad	1	5	3.4219	1.093	1.195	.704
Similitud	1	5	3.4813	.9743	.949	.845
Control del usuario	1	5	3.5547	.9063	.822	.858
Consistencia	2	5	3.8125	.8352	.698	.863
Prevención de errores.	1	5	3.3250	1.048	1.099	.848
Preferencia			3.5625	.9630	.927	.815
Flexibilidad	1	5	3.3839	1.001	1.003	.921
Estética y diseño minimalista.	1	5	3.7708	1.069	1.143	.857
Ayuda para el usuario	1	5	3.2083	1.234	1.525	.925
Documentación	1	5	3.3542	1.113	1.240	.897

Tabla 1. Valores de alpha de cronbach de las dimensiones del instrumento.

Siendo todas las escalas arriba del 0.7 se puede deducir que todas las dimensiones del instrumento tiene un alto grado de confiabilidad. Por consiguiente esto permite realizar un estudio exploratorio más profundo. Podemos observar que en toda la tabla, la desviación estándar mayor fue de 1.23 y la menor fue de 0.83, es decir, que de los participantes del

punto medio solo se desviaron esa cantidad hacia arriba y hacia abajo lo que se interpreta que hubo poco variabilidad. Por consecuencia los datos no fluctúan mucho en cada una de las dimensiones lo que significa que las opiniones fueron muy parecidas.

DISCUSIÓN

La usabilidad es un requisito fundamental para que una herramienta de tecnologías de la información ayude al usuario a alcanzar sus metas de una manera exitosa [8,12].

Para poder implementar el uso de una plataforma educativa en una escuela hay que evaluar cuidadosamente su uso, ya que pudiera convertirse en una carga más que en una herramienta de trabajo [19,20].

Gracias a la propuesta de este instrumento se puedo evaluar la interfaz sin la utilización de expertos, pero aún así deja la puerta abierta para realizar más investigaciones acerca de esta línea con la misma metodología a diferentes tipos de población así como muestras más grande con diferentes características, ya que esta investigación sólo enfocó a una población de expertos que utilizan la interfaz. Esto propone, para próximas investigaciones, evaluar la retroalimentación que dan expertos versus novatos en una muestra ampliada, así como también la utilización diferente de la metodología, no simplemente en plataformas LMS, tan solo por mencionar la gama de posibilidades que se propone al utilizar a usuarios comunes explorando enfoques de usabilidad. Para futuras investigación se planea ampliar la muestra y utilizar el instrumento en otro tipo de plataformas para indagar el comportamiento y efectividad del mismo.

REFERENCIAS

1. Al-Busaidi & Al-Shihi Instructors' Acceptance of Learning Management Systems: A Theoretical Framework. *IBIMA Publishing Communications of the IBIMA* 2010(2010)1-10
2. Clark, R.C. & Mayer, R.C. *E-Learning and the Science of Instruction. Proven guidelines for consumer and designers of multimedia learning*. Third Edition. San Francisco: John Wiley Inc, 2011.
3. Griffiths, M. Building quality into ICT-based distance education. In Fallows S. & Bhanot R. (Eds.), *Quality Issues in ICT-based Higher Education*, London: Routledge,(2005) 48-60.
4. Laurillard, D. *Rethinking University teaching* (2nd Ed.), London: Routledge, 2002.
5. Jonassen, D.H., Carr, C. and Hsiu-Ping, Y. (1998) 'Computers as mind tools for engaging learners in critical thinking', *TechTrends*, 43,2,(1998)24-32.
6. Ghaouic, C. *Encyclopedia of Human Computer Interaction*. USA: Idea Group Reference, 2006.

7. Granic, A. Usability Evaluation Methodology for Web-based Educational Systems. *Faculty of Natural Sciences, Mathematics and Education*, Croatia, 2004.
8. Kirner, T.G. and Saraiva, A.V., 2007. "Software Usability Evaluation: an Empirical Study". *Proceedings of the 9th International Conference on Enterprise Information Systems*, Funchal, Portugal, 2007, pp. 459-465.
9. Nielsen, J. *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann, San Francisco 1994.
10. Seffah, A. The obstacles and myths of usability and software engineering. *Communications of the ACM* 47,12(2004)71-76;
11. Seffah, A., 2006. *Consolidating the ISO Usability Models*. Concordia University, Montreal, Canada, 2006.
12. Sommerville, I, *Software Engineering*. Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 2004.
13. Nielsen, J. & Molich, R. Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings de la conferencia SIGCHI sobre factores humanos en sistemas de computación*. Seattle, WA, USA, 1990. 249-256.
14. Nielsen, J. Finding usability problems through heuristic evaluation. *Proceedings de la conferencia SIGCHI*, ACM Press, 1992.
15. Johnson C. & Palanque, P. *Interactive systems: design, specification and verification*. Berlin:Springer-Verlag, 2000.
16. Nielsen, J. & Tahir, M. *Homepage Usability:50 Websites Deconstructed*. Indianapolis : New Riders Publishing, 2002.
17. Nielsen, J. & Loranger, H.(2006) *Prioritizing Web usability*. Berkeley CA: New Riders Press.
18. Nielsen, J. *Designing Web Usability*. Indianapolis: New Raiders Publishing. 1999.
19. Melton, J., 2006. The LMS Moodle: A Usability Evaluation. Prefectural University of Kumamoto, Japan.
20. Grob H.L, Bensberg F., Dewanto .Developing B.L., Deploying, Using and Evaluating an Open Source Learning Management System. *Journal of Computing and Information Technology* 12, 2(2004)127-134

Hacia la definición de una estrategia para la integración de diferencias transculturales en el diseño de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) implementando Indicadores de Sociedad de Información (ISI)

Víctor Manuel García Luna **Mario Alberto Moreno Rocha** **Néna Roa Sëiler** **Paul Craig**
vicman@mixteco.utm.mx sirpeto@gmail.com nenaroa@gmail.com paulcraig99@gmail.com
Universidad Tecnológica de la Mixteca
Km. 2.5 Carretera a Acatlima, Huajuapán de León, Oaxaca. C.P. 69000, México
+52 953 20399

RESUMEN

En este artículo se presentan los primeros pasos de una investigación en proceso que tiene como objetivo proponer una estrategia para la adaptación de diferencias transculturales en el diseño de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, por sus siglas en inglés) implementando Indicadores de Sociedad de la Información (ISI). Actualmente, la Usabilidad Transcultural recurre a teorías y métodos propios de las ciencias sociales, sin embargo, se ha señalado que estas teorías no son efectivamente empleadas, debido a que el propósito esencial de éstas es diferente. Por otra parte, en los últimos años se han creado instrumentos de información estadística para medir el grado de desarrollo de Sociedad de Información (SI) entre países. El argumento propuesto es que la incorporación de los ISI en estudios de Usabilidad Transcultural podría aportar información relevante en los procesos de adaptación cultural en el diseño de interfaces.

Palabras clave de autor

HCI; Usabilidad Transcultural; Indicadores de Sociedad de Información; Interfaz Gráfica de Usuario, Estrategia.

Clasificación de palabras clave de ACM

[H.5.2] **Interfases de Usuario:** Evaluación/metodología, Interfaces Gráficas de Usuario (GUI), Teoría y métodos, Diseño Centrado al Usuario.

Términos Generales

Factores Humanos; Diseño; Medición; Experimentación.

INTRODUCCIÓN

La disciplina de Interacción Humano-Computadora (HCI, por sus siglas en inglés) ha fijado su interés en analizar la influencia de la cultura en los procesos de interacción, debido a que las nuevas tecnologías están integrando al mundo en redes globales de comunicación, información y conocimiento.

La investigación transcultural en HCI, también llamada Usabilidad Transcultural, ha tomado como marco de referencia teorías acerca de la cultura nacional que,

tradicionalmente, se habían utilizado para medir el impacto de las diferencias culturales en las relaciones de negocios y comercio. No obstante, diversos autores señalan que las teorías clásicas no son efectivamente empleadas, ya que el propósito esencial de éstas es diferente, por lo que no existe compatibilidad con todas las situaciones generadas en HCI [13,14].

Por otra parte, en las últimas dos décadas, el tema de una sociedad global basada en la información y en el desarrollo tecnológico también ha estado presente en la discusión pública y en la agenda internacional de gobiernos y organizaciones. Se ha acuñado el término Sociedad de la Información (SI) para describir sistemas socioeconómicos emergentes, principalmente de los países más industrializados, que emplean extensivamente Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en sus áreas de actividad económica, política, social y cultural [1].

La medición es un aspecto importante en el debate acerca de la SI. A partir de 2003, se constituyeron organismos encargados de generar estándares estadísticos para la medición del grado de avance de SI entre países a nivel global y regional. De tal forma, los ISI han tomado gran relevancia en la definición de políticas públicas en diferentes ámbitos, como la producción y comercio de TICs, contenidos y productos del sector de medios y en la medición del impacto de las TICs en la sociedad, la economía y el ambiente [17].

En el presente trabajo se exploran las diferentes teorías y métodos empleados en Usabilidad Transcultural así como los ISI más relevantes. El objetivo es perfilar la mejor vía para incorporar los ISI en una estrategia que traslade la información estadística de estos indicadores en directrices de diseño útiles para la adaptación transcultural de GUIs y coadyuvar a una mejor aceptación de éstas por parte del usuario.

INVESTIGACIÓN TRANSCULTURAL EN INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADORA

A partir de la década de los 90, el concepto de cultura empezó a interesar en el diseño de GUIs, dentro de la

filosofía de Diseño Centrado en el Usuario (UCD, por sus siglas en inglés). Pioneros en la investigación transcultural en HCI son Patricia Russo y Stephen Boor (con *How Fluent is your Interface? Designing for International Users* en 1993), Tony Fernandes (con *Global Interface Design: A Guide To Designing Internacional User Interfaces* en 1995), Elisa M. del Galdo en colaboración con Jakob Nielsen (con *Internacional User Interfaces* en 1996), Marcus Aaron (con *Globalization of User-Interface Design for the Web* en 1999), entre otros.

De acuerdo con estos autores, la inclusión de consideraciones culturales en el diseño de GUIs se ha vuelto necesaria debido a que en el desarrollo de software global, diseñadores y usuarios pueden ser muy diferentes en una gran variedad de sentidos.

En contraparte, existe también una postura crítica hacia la tendencia transcultural en HCI, la cual señala una sobrevaloración de las características culturales, ya que no necesariamente son ellas quienes conducen el diseño de la aplicación.

Actualmente, la mayor parte de la tendencia transcultural en HCI implementa al menos una de las siguientes teorías de cultura nacional (identificadas por su autor): Geert Hofstede, Edward T. Hall, David A. Víctor y Fons Trompenaars [4,14].

La mayor parte de estas teorías incorpora el concepto de modelo cultural, el cual permite identificar niveles o aspectos involucrados en una cultura específica empleando variables o dimensiones de cultura, entendiendo como dimensión un aspecto que puede ser medido, relativo a otras culturas; también pueden ser definidas como categorías que permiten organizar datos culturales.

Teorías de cultura empleadas en Usabilidad Transcultural

Para el presente proyecto se han analizado las principales teorías abordadas por HCI en Usabilidad Transcultural.

Dimensiones Culturales de Hofstede

Geert Hofstede identificó y cuantificó cinco dimensiones de la cultura nacional: individualismo-colectivismo, distancia del poder, evasión a la incertidumbre, masculinidad-feminidad y orientación a largo plazo [10]. Hofstede es, probablemente, uno de los autores más empleados en el ámbito de Usabilidad Transcultural.

La cultura como comunicación de Edward T. Hall

Edward T. Hall desarrolló un modelo cultural que intenta explicar cómo interactúan los miembros de diferentes culturas a partir de la percepción cultural del espacio y la importancia de los mensajes y señales no verbales. Hall describe la forma en que se transmite el comportamiento, vinculado a la cultura, a través de una clasificación en tres niveles: formal, informal y técnica [7,8]. Acorde al modelo de cultura de Hall, HCI incorpora algunas de las variables

identificadas en su teoría: rapidez del mensaje, alto contexto/bajo contexto, espacio, tiempo monocrónico/tiempo policrónico, flujo de la información y cadenas de acción.

La comunicación intercultural de David A. Víctor

David A. Víctor, consideró una “cultura general” resumida en siete aspectos: lenguaje, ambiente y tecnología, organización social, contexto, concepción de autoridad, comunicación no verbal y concepción temporal [3].

Dimensiones culturales de Fons Trompenaars

Un último modelo cultural abordado frecuentemente por HCI es el propuesto por Fons Trompenaars, quien junto con Charles Hampden-Turner, desarrollaron un modelo de cultura con siete dimensiones, empleado para determinar la manera en que un grupo de personas hace frente a la resolución de problemas: universalismo vs. particularismo, individualismo vs. colectivismo, neutral vs. emocional, específico vs. difuso, logro vs. represión, secuencial vs. sincrónico y control interno vs. control externo [16].

Adicionalmente, la literatura reporta la implementación de otros modelos de cultura relacionadas en mayor o menor medida a las ya descritos, como las de Ogliastrri, Pollay y Singh [5] o las de Stewart y Bennett, Condon y Yousef, Triandis, Gudykunst, entre otros [14].

Análisis de las teorías de cultura empleadas en HCI

Las primeras conclusiones permiten señalar que las teorías retomadas en Usabilidad Transcultural han sido canalizadas en demasía al sector comercial, donde empresas trasnacionales realizan grandes inversiones económicas para incursionar en mercados locales. Aunado a lo anterior, la pertinencia de estas teorías puede juzgarse en el sentido de que fueron desarrolladas entre 1950 y 1980 en su concepción original e implementadas en HCI a inicios de 1990. Sin embargo, en poco más de dos décadas las circunstancias globales han cambiado y hoy día se han creado nuevos instrumentos para identificar similitudes y diferencias entre dos países, ahora no sólo en términos de cultura, sino de tecnología, economía, desarrollo humano, etc. Este hecho, indiscutiblemente, abre una nueva oportunidad para HCI, permitiéndole contribuir y ser participe aún más de “los profundos cambios estructurales que está provocando la relación entre personas y tecnología en la sociedad” [9].

INDICADORES DE SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

El término Sociedad de la Información se refiere a una forma de desarrollo económico y social en la que la adquisición, almacenamiento, procesamiento, evaluación, transmisión, distribución y diseminación de la información con vistas a la creación de conocimiento y la satisfacción de las necesidades de las personas y de las organizaciones juega un papel central en la actividad económica, en la creación de riqueza y en la definición de la calidad de vida

y las prácticas culturales de los ciudadanos [1].

La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI), organizada en 2003 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), representó un considerable intento de los gobiernos para llegar a una comprensión común de principios rectores que encauzaran el potencial de las TICs como instrumento de desarrollo económico, social y cultural de todas las naciones, teniendo como principal compromiso “construir una Sociedad de la Información centrada en la persona, integradora y orientada al desarrollo” [17].

Entre otros temas, la CMSI permitió establecer la necesidad de construir indicadores estadísticos y resultados de investigación, para dar seguimiento a la aplicación de los objetivos y metas de la cumbre. Entre otros rubros, se acordó lo siguiente [18]:

- Los indicadores deberían mostrar la magnitud de la brecha digital (grado de separación que existe entre las personas que tienen acceso a la tecnología y aquellas que no), nacional e internacional, a fin de medir los progresos logrados en materia de TICs.
- Organizaciones internacionales, regionales y locales deberían formular e informar periódicamente sobre el acceso universal de los países a las TICs.

La CMSI alentó a todos los países y regiones a concebir instrumentos estadísticos sobre SI, con indicadores básicos y análisis de sus dimensiones clave, dando prioridad al establecimiento de sistemas de indicadores coherentes y comparables a escala internacional, tomando en cuenta los distintos niveles de desarrollo en cada país.

Desde ese momento, esfuerzos y logros considerables se han obtenido. Diversos modelos teóricos han sido desarrollados, tanto por instancias gubernamentales como académicas, para explicar la brecha digital, por ejemplo el modelo de E.J. Wilson [6], el modelo KADO [2], el marco conceptual del *Proyecto de Índice de Brecha Digital Orbicom-CIDA* [15], el modelo *IDC/World Times Information Society Index* [12], entre otros.

En cuanto a indicadores globales se han creado o fortalecido los siguientes:

Índice de Oportunidad Digital (DOI)

El DOI constituye una herramienta para la comparación, evaluación y monitoreo del progreso de los países en la reducción de la brecha digital, el cumplimiento de los objetivos de la CMSI, así como la medición de la facilidad con la que los ciudadanos aprovechan las oportunidades de crecimiento y desarrollo que ofrecen las TICs [11,18,19].

Índice de Desarrollo de TICs (IDI) del ITU

Tiene como objetivo medir el nivel de evolución del desarrollo TIC en los distintos países y en relación unos con otros, la brecha digital y el potencial de desarrollo que tienen las TIC. Está compuesto por tres subíndices: Acceso, Uso y Capacitación y habilidades [11,18,19].

Otros indicadores globales son: el *Knowledge Assessment Matrix (KAM)* del Banco Mundial y el *Global Information Technology Report* del Foro Económico Mundial (WEF). Como ejemplo de indicador regional encontramos al *Indicador de la Sociedad de la Información everis/IESE* que analiza la penetración particular de la SI en Argentina, Brasil, Chile, México y Colombia. Como indicador local, en México, el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) creó la *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares*, con el propósito de contribuir al conocimiento y difusión sobre el tema en el país.

Análisis de los Indicadores de Sociedad de la Información

Como una primera aproximación, se ha concluido que los modelos y categorías que integran los distintos ISI poseen características comunes que podrían traducir información estadística en guías o directrices de diseño concretas. Datos como el grado de accesibilidad, asequibilidad, infraestructura y utilización tienen una correspondencia en el planteamiento de una interfaz.

APROXIMACIÓN A LA SOLUCIÓN

Actualmente se está trabajando en la definición de la estrategia, se ha elegido adaptar el modelo propuesto por Jagne *et al.* [13] como lo describe la siguiente figura.

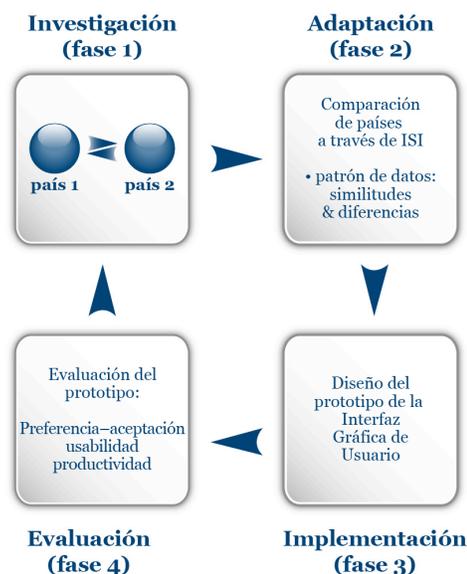


Figura 1. Estrategia propuesta para la implementación de ISI en adaptaciones culturales de interfaces.

Se considera necesario que la estrategia cuente, al menos, con cuatro fases: investigación, adaptación, implementación y evaluación. En la primera fase se propone un análisis del grado de desarrollo de SI de cada país, a través de los diversos ISI con el fin de generar posibles guías de diseño en el desarrollo de interfaces. A la par, se deberá analizar las culturas involucradas, a través de los principales modelos y dimensiones culturales abordadas por HCI (Hofstede, Hall, Trompenaars y Victor) con el mismo objetivo, generar posibles guías de diseño en el desarrollo de la interfaz.

La fase de adaptación definirá un patrón de datos de similitudes y diferencias, culturales y de desarrollo de SI, de los países involucrados, que orientará el diseño de la aplicación. La tercera fase será la implementación de los requerimientos obtenidos, aplicados en el diseño de la interfaz. Finalmente, la evaluación del prototipo contemplará medir el grado de preferencia-aceptación de la interfaz, así como la usabilidad de la aplicación.

TRABAJO FUTURO

El presente proyecto de investigación encuentra, no sólo deseable, sino necesaria la creación de instrumentos para el análisis, comparación y adaptación cultural de aplicaciones interactivas provenientes de proyectos y experiencias en otros países para su implementación local. El trabajo futuro se centrará en instrumentar los mecanismos necesarios para traducir los datos arrojados por los ISI en directrices de diseño para su implementación en el diseño de una interfaz tomando como referencia las estrategias ya desarrolladas que han implementado con éxito las teorías expuestas en este trabajo.

REFERENCIAS

1. CASTELLS, Manuel. La era de la información: economía, sociedad y cultura. Siglo XXI, México, 2002.
2. CHO, Cheung Moon. How to measure the digital divide? <http://www.itu.int/osg/spu/ni/digitalbridges/presentations/02-Cho-Background.pdf>
3. DAVID A. Victor. Internacional Business Communication. Prentice Hall, New York, USA, 1997.
4. DEL GALDO, Elisa, Nielsen, Jacob. Internacional User Interfaces. John Willey & Sons, New York, USA, 1996.
5. FARÍAS, Pablo. Cambios en las distancias culturales entre países: Un análisis a las dimensiones culturales de Hofstede. Opción, Universidad del Zulia, Venezuela. Año 23 (52): p. 85-103, Abril 2007.
6. FUCHS, Cristian. The role of income inequality in a multivariate cross-national analysis of the digital divide. Social Science Review, 2009
7. HALL, Edward. El lenguaje silencioso. Alianza, México, 1990.
8. HALL, Edward. La dimensión oculta. Siglo XXI, México, 2005.
9. HARPER, Richard [et al.]. Being Human. Human-Computer Interaction in the year 2020. Cambridge: Microsoft Research, 2008.
10. HOFSTEDE, Geert, Hofstede Gert Jan, Minkov Michael. Cultures and Organizations: Software for the Mind. McGraw-Hill, USA, 2010.
11. Índice de Oportunidad Digital. Unión Internacional de Comunicaciones. <http://www.itu.int/ITU-D/ict/doi/index.html>
12. Internacional Data Corporation. <http://www.idc.com/home.jhtml>
13. JAGNE, Janaiba [et al.]. Cross-cultural interface design strategy. Middlesex University, Interaction Design Center, Centre Technical Report, USA, 2004.
14. NURAY Aykin (Ed.). Usability and Internationalization of Information of Technology. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, USA, 2005.
15. SCIADAS, George. Monitoring the digital divide. National Library of Canada, Québec, Canada, 2002.
16. TROMPENAARS, Fons. Riding the waves of culture: Understanding diversity in global business. McGraw Hill, New York, USA, 1998.
17. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Documentos Finales de la Cumbre Mundial de la Sociedad de la información Ginebra 2003-Túnez 2005, 2006.
18. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Measuring Digital Opportunity, 2005.
19. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. World Information Society Report 2007. Beyond WSIS, 2006.

Mi Cafetería: aplicación para ordenar comida a través de dispositivos móviles

Perla L. García
IHCLab

Facultad de Telemática
Universidad de Colima
pgarcia4@ucol.mx

Pedro C. Santana
IHCLab

Facultad de Telemática
Universidad de Colima
psantana@ucol.mx

Irsa Y. Valencia
IHCLab

Facultad de Telemática
Universidad de Colima
irsa_yuliana@ucol.mx

Grecia A. López
IHCLab

Facultad de Telemática
Universidad de Colima
grecia_lopez@ucol.mx

RESUMEN

Este trabajo propone un prototipo de sistema móvil el cual permite a los estudiantes usuarios de una cafetería universitaria realizar sus pedidos mediante un dispositivo móvil con acceso a internet. Para validar el diseño de este sistema se ha realizado una evaluación preliminar del prototipo.

Palabras clave

Cafeterías Universitarias, sistema móvil, diseño centrado en el usuario, pedido de alimentos móvil, experiencia de usuario.

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces, input devices and strategies, user-centered design.

General Terms

Human Factors.

INTRODUCCION

El desarrollo de la tecnología impacta de manera social y cultural, trayendo consigo bienestar y progreso a la sociedad con la responsabilidad de hacerlo en forma equitativa por medio de las Tecnologías de Información y Comunicación [1].

En estos últimos años ha existido un incremento en el uso de las tecnologías móviles lo que ocasiona un crecimiento en el desarrollo de aplicaciones para este tipo de plataformas. Hoy en día la mayoría de las aplicaciones móviles son enfocadas hacia el entretenimiento y juegos [2], pero también existen algunas aplicaciones enfocadas a servicios y facilitar la vida, este es el caso de nuestra propuesta de la aplicación “Mi Cafetería”.

Este trabajo presenta Mi Cafetería una propuesta de diseño de un sistema el cual permitirá al usuario hacer su orden de alimentos a la cafetería universitaria, desde un dispositivo móvil con conexión a internet.

Actualmente la cafetería universitaria tiene deficiencias en su servicio y al momento de ordenar la comida, algunas de ellas son la falta de información para los usuarios al momento de ordenar, retraso en las filas y aglomeraciones, otro problema importante es que no existe un mecanismo que informe al usuario el estado de

su orden o que informe cuál es su pedido, por lo que causa confusión y pérdida de tiempo al usuario.

Para lograr nuestro propósito se ha creado un prototipo pensado en la mejora del servicio al momento de ordenar comida, ya que un usuario que tenga un dispositivo móvil, puede hacer su pedido, pagarlo y recibir un tiempo estimado de espera, evitando confusión y tiempos de espera desconocidos.

Para hacer las evaluaciones de este prototipo se utilizó una evaluación de escenarios, así como la elaboración de prototipos, para la toma de resultados y realizar las mejoras correspondientes.

CONTEXTO

Nuestro trabajo de campo fue diseñado para entender a los estudiantes en el proceso de compra de comida en la cafetería universitaria.

Método

Para recabar la información sobre los objetivos y necesidades de los estudiantes en la cafetería universitaria, se utilizó la observación directa dentro de las instalaciones de la propia cafetería (40 estudiantes). Incluimos estudiantes con un rango de edad entre 15 y 30 años. Otros aspectos que se consideraron fueron si llegaban solos o en grupo y si portaban dispositivos móviles (ej. teléfono celular) al realizar su pedido. Consideramos que con estos escenarios se puede obtener un entendimiento preliminar del problema a estudiar.

Resultados

En base al análisis de la observación directa, hemos identificado los temas principales para cada tópico buscado. En esta sección se explican los resultados más relevantes.

El 80% de los estudiantes portaban un dispositivo móvil como teléfonos celulares, *smartphones* o *iTouches*.

Los estudiantes que van en grupos generalmente de 2 y 4 personas, se organizan antes de ordenar y uno de ellos se forma en lo que los demás observan el menú del día, que es poco visible desde el área de las mesas, después dan un vistazo a las cazuelas de comida, una vez que tomaron su decisión regresan con la persona en la fila, causando un aglomeración para realizar la orden de compra, una vez

pagada la comida, les dan un pedazo de papel el cual tiene escrito el contenido de su orden.

Los usuarios grupales tienden a ordenar comida corrida al contrario de los que asisten solos, que prefieren comida rápida y botanas.

Se observó un problema cuando alguien ordena comida rápida, los papelititos con la orden sólo dicen el producto (ej. torta) pero no contienen un número de orden, si dos personas ordenaron el mismo producto no hay manera de diferenciar quien es primero, esto causa confusión tanto a las personas que surten el pedido como a los estudiantes que esperan sus alimentos, por lo que si el usuario no está atento puede perder su turno.

Los estudiantes que van en grupo se tardan aproximadamente 30 minutos desde que recogen su comida hasta que se retiran de la cafetería, a diferencia de del 10% de los estudiantes que iban solos (4), comían en menos de 10 minutos o pedían su orden para llevar.

Al finalizar su comida, el 97.5% de los alumnos que ordenaron comida rápida o corrida llevan sus trastes sucios al lugar indicado para depositarlos, el 37.5% de los estudiantes observados (15) hace una última compra antes de retirarse.

DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para lograr la funcionalidad deseada para mejorar el proceso de compra de comida en la cafetería universitaria proponemos un sistema móvil. A continuación, se describe el prototipo de este sistema.

Para poder evaluar el diseño desde las primeras etapas del desarrollo, y poder rediseñar en base a los resultados de dicha evaluación, con menores costos, y rapidez, se realizó un prototipo de papel [3]. El cual cuenta con las siguientes características.

Puede ser accedido por medio de internet para comodidad del usuario y evitar aglomeraciones a la hora de ordenar su comida.

La pantalla principal (ver Figura 1), cuenta con tres opciones, cada opción lleva al menú de los tres tipos de comida que maneja la cafetería. Una vez que se escoge el tipo de comida, se despliega el menú de los alimentos disponibles, con la finalidad de evitar que las personas se acumulen en el área del menú y en la barra de comida.

Una vez seleccionados los alimentos, se despliega una pantalla de confirmación, la cual muestra los alimentos seleccionados junto con el monto a pagar. En ese momento se puede agregar más pedidos en caso de que el usuario vaya acompañado con más personas.



Figura 1. Pantalla principal y del menú

Nuestra universidad cuenta con un acuerdo con una institución bancaria para proveer las credenciales de los estudiantes, las cuales tienen integrado un monedero electrónico, el cual puede ser accedido por medio del número de cuenta y contraseña de cada estudiante. Por lo que se ha tomada la decisión de utilizarlo como medio de pago en nuestra propuesta, ya que evita las largas filas para pagar. En la Figura 2, se muestran las pantallas de confirmación de la orden y la del pago.



Figura 2. Pantallas de confirmación y pago.

Al pagar, se muestra el número de orden, que sirve para poder reclamar los alimentos una vez se despliegue un mensaje para alertar al usuario, como se ve en la Figura 3. Esto tiene como finalidad evitar la confusión detectada al momento de atender y recoger las órdenes.



Figura 3. Pantallas de número de orden y mensaje

EVALUACIÓN PRELIMINAR

Para explorar la factibilidad del diseño conceptual, se llevó a cabo una evaluación preliminar del escenario de uso y el prototipo de papel. La evaluación preliminar es un mecanismo ideal para ir más allá de las prácticas actuales, lo cual permite involucrarnos en el proceso de diseño y visualizar nuevos esquemas de aplicación de una manera simple y económica [4].

Muestra de la prueba

La evaluación se realizó con 6 estudiantes en la cafetería de servicios estudiantiles de nuestra Universidad.

Ejecución de las pruebas

Antes de iniciar las pruebas, por medio de un guion de introducción se les explicó a cada participante cuál sería su tarea a realizar, después se les repartió un cuestionario con la finalidad de definir sus antecedentes con tecnología similar al prototipo. Estas preguntas exploran de forma general los siguientes temas: uso de aplicaciones móviles, pedidos en línea de comida; y el uso del monedero electrónico.

Al concluir con el cuestionario de antecedentes, se realizó una prueba de Mago de Oz con los participantes y el prototipo de papel, en el método del Mago de Oz un humano (el mago) simula la inteligencia del sistema e interactúa con el usuario a través de un prototipo real o una maqueta [5]. Finalmente, contestaron un cuestionario para valorar la usabilidad del prototipo con la Escala de Usabilidad para Sistemas (SUS por sus siglas en inglés *System Usability Scale*), la cual ha demostrado ser una herramienta de evaluación robusta y fiable [6], así como tener una buena correlación con las métricas de usabilidad.

Análisis

Una vez analizados los instrumentos de evaluación, tanto pre-prueba como post-prueba, se hicieron modificaciones al prototipo con el objetivo de resolver las debilidades que se encontraron.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados encontrados en la evaluación del prototipo de papel.

Cuestionario de Antecedentes

El objetivo de este cuestionario es ver que tan familiarizado se encuentra el usuario con el medio donde la aplicación se realizará, y que tanto conoce de la tecnología presentada. Con el propósito de saber que tan aceptada puede ser la aplicación y tener una idea hacia qué tipo de personas dirigirlo.

El 93% de los participantes se encuentran familiarizados con dispositivos móviles y no está contento con el actual proceso de compra de comida en la cafetería.

Las dos preguntas que destacan por el enfoque de nuestra aplicación es la siguiente pregunta ¿He utilizado dispositivos móviles (ej. iPhone, Galaxy)?, la cual obtuvo

un 100% de respuestas afirmativas; y la pregunta ¿Has pensado en una mejora de la cafetería?, donde se obtuvo un 66.6% en la respuesta “Si”, y un 33.33% en “No” como se puede ver en la Figura 4. Con estos resultado nos dimos cuenta que los estudiantes no están del todo cómodos con el actual sistema para pedir una comida y que sí suelen utilizar un celular con las características para nuestra aplicación.

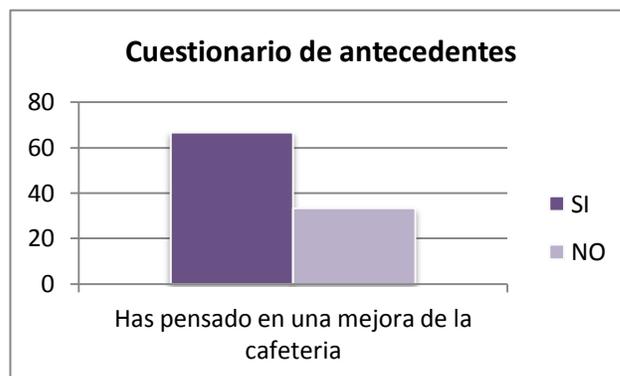


Figura 4. Pregunta 8 del cuestionario de antecedentes.

Cuestionario SUS

De cada cuestionario SUS se obtuvo una calificación en una escala de 0 (nula usabilidad) a 100 (alta usabilidad).

La Figura 5 muestra que el prototipo obtuvo un promedio de 63 puntos, lo que nos indica que la usabilidad es buena pero debe mejorarse.

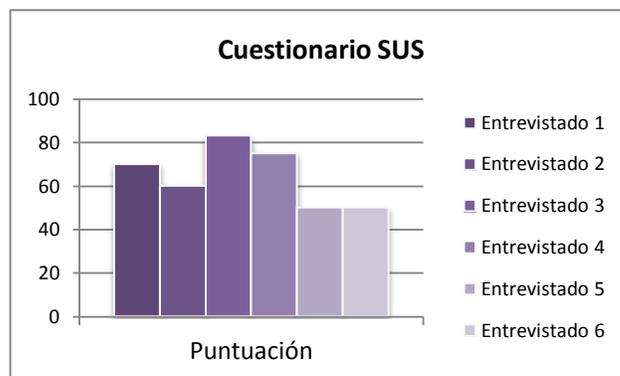


Figura 5. Resultados del cuestionario SUS.

PROPUESTA DE MEJORA

De acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas y con base en los comentarios de los participantes, se obtuvieron los siguientes cambios para mejorarlo:

- Cuando la pantalla de confirmación aparezca, el botón debe decir “Aceptar” en lugar de “Pagar”.
- Agregar un tiempo estimado de espera al finalizar la orden.

Tomando en cuenta los dos puntos anteriores se realizaron los respectivos cambios, y se convirtió el prototipo de papel a un prototipo de alta fidelidad de los denominados clicables.



Figura 6. Prototipo alta fidelidad.

En la Figura 6 podemos observar la pantalla con las elecciones principales que se muestra al inicio de la aplicación, en este escenario seleccionamos “comida corrida” lo cual nos pasa a la pantalla 2 que nos muestra el menú del día, de cada una de las opciones que se establecen se mostrará una imagen, esto para que puedan realizar su orden sin la necesidad de tener que ir a ver la comida en físico antes de ordenar.



Figura 7. Menú del día y pago.

En esta parte el usuario puede elegir una de las distintas opciones que se muestran en las secciones de alimentos, una vez seleccionadas las opciones deseadas nos pide una confirmación del pedido, donde se muestran lo elegido y la opción de agregar más productos; si se elige esta última opción, la aplicación muestra de nuevo el menú principal para repetir el proceso, de lo contrario se le da en “Aceptar” y pasa a la pantalla de cobro, donde solicita su número de cuenta y la contraseña para acceder a su monedero electrónico, esto lo podemos observar en la Figura 7. Una vez realizado el pago nos muestra nuestro número de orden y el tiempo estimado de espera (ver Figura 8).



Figura 8. Confirmación de la orden.

CONCLUSIONES

Este trabajo describe el proceso de diseño centrado en el usuario de un sistema móvil para pedidos de comida en una cafetería universitaria, al cual se le aplicó una evaluación preliminar. Los resultados sugieren que la tecnología móvil puede ser un fuerte apoyo para automatizar y hacer más eficiente este proceso.

Basados en los resultados podemos concluir que “Mi Cafetería” brinda una buena experiencia al usuario de acuerdo a las métricas de usabilidad evaluadas. Lo cual indica que podría ser una aplicación funcional y usable para la automatización de procesos entre el servicio de cafetería universitaria y los estudiantes.

REFERENCIAS

1. Annan, K., "Building the Information Society: a global challenge in the new Millennium", in *World Summit on the Information Society 2003*: Ginebra.
2. Lee, C.S., H.-L.G. Dion, and A. Chua Indagator: Investigating perceived gratifications of an application that blends mobile content sharing with gameplay. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2010.
3. Snyder, C. Paper prototyping. *IBM developerWorks*. 2001.
4. P. C. Santana, L. A. Castro, A. Preciado, V. M. González, M. D. Rodríguez and J. Favela. "Preliminary Evaluation of Ubicomp in Real Working Scenarios". *In the proceedings of the 2nd Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces (MU3I)*, January 9, 2005 at IUI 2005.
5. Mulsby, D., Greenberg, S. and Mander, R. (1993) "Prototyping an intelligent agent through Wizard of Oz." *In ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Amsterdam, The Netherlands, May, p277-284, ACM Press.
6. Brooke, J. (1996). "SUS: a "quick and dirty" usability scale", en P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester y A. L. McClelland (Eds.) *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.

¿Qué pasa?: Un tablero de comunicación ampliada para niños con discapacidad de lenguaje

Lizeth Islas

Departamento Académico de Computación
Instituto Tecnológico Autónomo de México
1 Río Hondo, Col. Progreso Tizapán,
Mexico City
lizethislas@gmail.com

Víctor M. González

Departamento Académico de Computación
Instituto Tecnológico Autónomo de México
1 Río Hondo, Col. Progreso Tizapán,
Mexico City
victor.gonzalez@acm.org

RESUMEN

En México se estima que existen 5 millones 739 mil 270 personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa 5.1% de la población total del país. El 8.3 por ciento de esta población tienen alguna discapacidad relacionada con problemas de habla o de comunicación [1]. Muchas de esas personas no reciben la atención adecuada o no cuentan con los recursos necesarios para desarrollar sus habilidades de comunicación con el mundo exterior. Existen enormes oportunidades para aportar soluciones de apoyo a niños con discapacidad de lenguaje a través de tecnologías que les permitan resolver sus retos en cualquier momento y en cualquier lugar; esto se traduce en oportunidades para crear soluciones tecnológicas basadas en aplicaciones móviles. Nuestro interés es diseñar una aplicación táctil y móvil que permita crear y mantener un tablero de comunicación ampliada para niños con discapacidades de lenguaje que pueda ser utilizada de manera cotidiana en las actividades de los niños, en la escuela, en la casa y en lugares públicos.

Palabras claves del autor

Tablero de comunicación, Tablero de comunicación ampliado, Aplicaciones móviles, Discapacidad de lenguaje en niños

Clasificación de palabras clave ACM

H.5.1 [Sistemas interactivos], H.5.2 [Interfaces de Usuario], H.5.3 [Diseño de interfaces interactivos]

INTRODUCCIÓN

Las discapacidades en los seres humanos son muy variadas, en México, según datos del INEGI, al menos 5.7 millones de personas sufren de alguna discapacidad de los cuales el 9 por ciento son niños menores de 14 años [2]. Seamus Hegarty, presidente de la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo, opina que la “educación de los ciudadanos jóvenes con discapacidades plantea en cada país un esfuerzo de considerable dificultad y que los sistemas educativos de los países desarrollados afrontan una presión tendiente a elevar los niveles de enseñanza, ampliar los programas de estudio, e incorporar nuevas tecnologías para desarrollar aptitudes sociales para que en conjunto preparen a los jóvenes para un mundo de rápida evolución” [3]. El impacto que tiene el desarrollo de las habilidades de habla y escritura en la edad temprana del ser humano es vital para los años que siguen de desarrollo

del infante. “La necesidad está ahí, y es real. Es una necesidad agravada por la pobreza y el subdesarrollo” (Seamus Hegarty, Educación de niños y jóvenes con discapacidades, 1994, p. 7).

Los dispositivos móviles en la actualidad han disminuido sus costos y han aumentado sus capacidades de procesamiento. Esto ha producido una adopción pervasiva de tecnología móvil por todos los sectores socio-económicos de países como México. Gracias a este escenario esto motiva la existencia de distintas aplicaciones de software que han sido diseñadas para ayudar a los maestros de niveles básicos, primaria y preprimaria, a la enseñanza del habla, lectura y escritura en niños con discapacidades. Una de las herramientas más utilizadas en la actualidad son los tableros de comunicación ampliada.

Un tablero de comunicación es una herramienta utilizada comúnmente por personas con discapacidades de lenguaje para poder expresar pensamientos, sentimientos y necesidades de la vida cotidiana [4]. Es una extensión de comunicación externa para la persona que lo utiliza, al permitir emplear algún medio físico externo para realizar la comunicación con otras personas. Por lo general los tableros se elaboran con materiales fáciles de transportar y resistentes como, cuadernos, hojas plastificadas, cartulinas, etc. Hay distintos tipos de tableros de comunicación, un tablero de comunicación ampliada es aquel tablero que permite la personalización del mismo con fotos de los usuarios y su vida diaria para permitir una mejor asociación de palabras y sonidos con los objetos y personas con los que se relaciona día a día. La aplicación “¿Qué pasa?” está pensada como un tablero de comunicación ampliada que ayude a niños de entre 3 y 12 años con problemas de lenguaje severos a comunicarse tanto con sus maestros como con su familia. La herramienta está diseñada para tabletas electrónicas por la facilidad de transporte que presentan y porque el aditamento de cámara incluido permite personalizar el tablero de manera más sencilla.

ANTECEDENTES

Existiendo distintas aplicaciones en el mercado que pueden ayudar a los niños con discapacidad de lenguaje, el principal reto al que nos enfrentamos es dar una ventaja adicional a nuestro tablero. Intentamos lograr esto

realizando una aplicación del diseño centrado en el usuario [5]. Para consolidar el diseño de la aplicación empleamos las siguientes técnicas de diseño centrado en el usuario: personas, escenarios y prototipos. Lo primero fue diseñar a las *personas* que utilizaríamos para la investigación y lo segundo el crear los *escenarios* en los que se pudiera evaluar el uso de la herramienta en contexto. Lo primordial para obtener la retroalimentación necesaria era definir los usuarios a los que se les realizarían las pruebas de diseño del sistema. Con ayuda de un especialista de lenguaje identificamos a tres niños para realizar la evaluación de los escenarios y los prototipos de baja y de alta fidelidad. Temprano en el proceso entendimos que debido a la complejidad para el reclutamiento las evaluaciones del diseño no las podíamos realizar con niños con discapacidad de lenguaje porque no son capaces de abstraer la información de los escenarios planteados y no son capaces de darnos clara retroalimentación acerca del sistema.

Decidimos consultar con una especialista de lenguaje la cual sugirió que los evaluadores debían ser niños que aún no saben leer (entre cuatro y cinco años), pero sin ningún tipo de discapacidad de lenguaje para que sólo se guiaran por las imágenes y que fueran capaces de emitir opiniones y juicios tanto de las historias como del prototipo de bajo y de alto nivel. Esto fue un buen compromiso para nuestros propósitos de diseño. Definido esto, se reclutaron tres niños de entre cuatro y cinco años. Todas las evaluaciones y pruebas se realizaron con la autorización de sus padres y en las casas de los participantes para que se sintieran cómodos.

DISEÑANDO EL PROTOTIPO

Para poder evaluar el diseño de la aplicación realizamos un prototipo de baja fidelidad creado con distintos materiales didácticos como plumones y papeles autoadhesivos para poder realizar una primera sesión de retroalimentación y evaluación. Debido al tipo de usuarios a los que nos queremos centrar era necesario crear un diseño que se adaptara a las capacidades y necesidades de los niños. El modelo inicial que evaluamos tenía una pantalla principal en la cual se pueden elegir distintas opciones de categorías de comunicación. Definimos como categoría a los grupos de cosas y objetos relacionados, esto está pensado en facilitar la comunicación pues encuentra cosas que se relacionan entre si dentro una sola agrupación. Adicionalmente se pueden escoger otras opciones del lado derecho que permiten modificar el nombre del usuario, añadir nuevas categorías y subir una foto a una categoría.

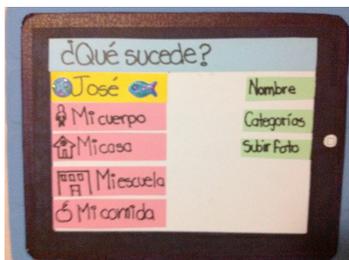


Figura 1. Pantalla principal del prototipo de baja fidelidad

El nombre original de la aplicación era “¿Qué sucede?” y era capaz de mostrar las categorías de “Mi cuerpo”, “Mi comida”, “Mi escuela”, “Mi casa”, “Mi familia. En cada una de las categorías el infante encuentra distintas fotos para identificar las distintas partes que componen a la categoría. Adicionalmente se pueden escoger otras opciones del lado derecho de la pantalla principal. Estas opciones permiten modificar el nombre del usuario, añadir nuevas categorías y subir una foto a una categoría.



Figura 2. Pantalla de “Mi cuerpo” del prototipo de baja fidelidad.

El prototipo de alta fidelidad tiene una pantalla principal en la cual se pueden elegir distintas opciones de categorías. Se eliminaron las opciones del lado derecho porque confundían a los niños. Cada una de las opciones presentadas en la pantalla de inicio tiene su correspondiente pantalla de interfaz para lograr una experiencia completa del sistema.



Figura 3. Pantalla principal del prototipo de alta fidelidad.



Figura 4. Pantallas secundarias del prototipo de alta fidelidad.

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Al momento de hacer la evaluación nos dimos cuenta que, a pesar de nuestras mejores intenciones y validación previa, la abstracción de un adulto (nosotros como diseñadores) es muy diferente a la abstracción de un niño. En este caso los niños de 4 a 5 años, como no saben leer (y muchos de los niños con discapacidad de lenguaje tampoco saben), les parece totalmente inútil que las letras sean tan grandes. Sólo con la evaluación del diseño nos dimos cuenta que nuestro concepto de interfaz no era lo más adecuado al presentar la información cuando se trata de niños.

Aunque toda la información que recabamos fue valiosa, algunos de los comentarios de los participantes, niños de entre 4 y 5 años, fueron particularmente atinados y abiertamente críticos. Por ejemplo encontramos aclaración a nuestras conceptualizaciones erróneas del significado de colores y chispas de franqueza en cuanto a nuestras habilidades para el bosquejo en comentarios como:

Evaluador: ¿Te acuerdas de la primera historia que te conté?

Participante: Sí, la de la niña que fue al Wal-Mart y le pegaron.

Evaluador: ¿Qué escogerías para señalar una parte del cuerpo en la que te pegaron como le pegaron a Sandy?

Participante: No sé

Evaluador: ¿Porqué?

Participante: No sé que es esto (señalando la primera opción de color rosa, la que señala "Mi cuerpo")

Evaluador: Ese es el dibujo de una persona

Participante: ¿Eso es una persona? ¡No sabes dibujar personas!

Evaluador: Muy bien, después tú me ayudas a dibujar una persona. Entonces, ¿Qué escogerías?

Participante: Ese porqué el otro es una manzana otro es una casa y otro es un cuadrado (refiriéndose al dibujo de "mi escuela").

A partir de los resultados anteriores, el prototipo de baja fidelidad fue modificado en la pantalla principal, se imprimieron dibujos que los niños escogieron y se acomodaron las opciones en la pantalla de manera vertical. También se cambió el nombre por "¿Qué pasa?", porque era más corto y más entendido por los niños. Acto seguido se diseñó un prototipo de alta fidelidad que se implementó en una tableta digital.

La evaluación del prototipo de alta fidelidad fue útil para probar el concepto en un ambiente más cercano al que puede ser real. Experimentamos una reducción en el número de problemas que tenían los usuarios con esta versión del diseño porque estaban mejor distribuidos los dibujos y los tamaños de las letras eran más pequeñas, por lo que no se distraían. La retroalimentación que recibimos fue muy importante porque nos dimos cuenta que la elección de las imágenes es esencial para que los niños comprendan qué es lo que pueden expresar con cada una de las categorías que se les presentan.

Al final se hicieron las correcciones adecuadas a ambos prototipos, junto con los niños para que se sintieran incluidos, tanto en el prototipo de papel como en el digital, esto nos permitió obtener un diseño más robusto que sirve a las necesidades de los niños.

CONCLUSIONES

Con las pruebas del diseño que aplicamos a los prototipos logramos identificar varias áreas de mejora para el tablero. Entre otras notamos los retos para los niños con el prototipo de bajo nivel asociados al tener las letras más grandes que los dibujos y el no tener los dibujos grandes y claros. En las pruebas pudimos ver que muchas veces los adornos no son tan buenos porque distraen la atención de los niños y se pueden confundir entre las opciones presentadas. Por otra parte comprobamos una intuición con respecto a que a los niños les llama mucho más la atención los prototipos de alto nivel en una tableta que el prototipado en papel.



Figura 4. Evaluando el prototipo de baja fidelidad

TRABAJO FUTURO

El diseño conceptual del tablero de comunicación ampliada para niños con discapacidad de lenguaje avanzará hacia la definición de un sistema funcional que pueda ser evaluado con usuarios potenciales. Esto se concretará a través de la tesis de licenciatura del primer autor de este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los participantes de este estudio, a los especialistas consultados así como a la Asociación Mexicana de Cultura A.C. por su apoyo.

REFERENCIAS

- [1] "Discapacidad en México" INEGI, México <http://cuentame.inegi.gob.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>
- [2] "Censo de población y vivienda de México 2010" INEGI, México <http://www.inegi.org.mx>
- [3] Hegarty, Seamus (1994) "Educación de niños y jóvenes con discapacidad", UNESCO.
- [4] Rosell, Carme (1993) "Dossier documental de Comunicación alternativa y Aumentativa", Revista Infancia y Aprendizaje. Vol. 64. Pp. 61-72.
- [5] Harston Rex y Pyla Pardha (2012) The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience. Morgan Kaufmann

Evaluación heurística a la plataforma e-planea

Pedro C. Santana
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
psantana@ucol.mx

Martha A. Magaña
Facultad de Pedagogía
Universidad de Colima
mc2103@ucol.mx

Ana C. Ahumada
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
aahumada @ucol.mx

RESUMEN

La Universidad de Colima utiliza la plataforma e-planea como herramienta de planeación educativa con distintos módulos para recabar información relativa a los indicadores académicos y de gestión en la Universidad, así como para darle seguimiento a los distintos proyectos y objetivos que se plantean en cada uno de los planes de desarrollo. Este trabajo presenta los resultados de una evaluación heurística de usabilidad realizada a la plataforma, la cual dio resultados favorables para garantizar una experiencia agradable al usuario.

Palabras clave

e-planea, usabilidad, evaluación experta, evaluación heurística.

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces, input devices and strategies, user-centered design.

General Terms

Human Factors.

INTRODUCCIÓN

La plataforma *e-planea* de la Universidad de Colima es una plataforma web de información con distintos módulos para recabar información de la Universidad y darle seguimiento a los distintos proyectos, indicadores y objetivos que se plantean en cada uno de los planes de desarrollo. Como todo software, necesita adaptarse a los lineamientos de la usabilidad y aceptación de uso para evitar grandes correcciones y cambios que cuesten mucho tiempo y dinero.

La usabilidad es una medición con la cual se evalúa que tan sencillo es el manejo de cierta aplicación de software, el cómo la funcionalidad está relacionada con la tarea pero también con la persona que la realiza [1]. Las características que hacen a un sistema usable para un grupo de personas podría dejarlo inutilizable para otro. Por otro lado, la aceptación de uso se encarga de evaluar las características que afectan la posibilidad de que los usuarios usen nuestro software o prefieran realizar cierta tarea de otro modo.

Dentro de las pruebas para evaluar la usabilidad encontramos las pruebas heurísticas, las cuales son un método para encontrar problemas de usabilidad respecto a diseño de interfaces de usuario. Estas pruebas requieren un pequeño grupo de evaluadores expertos en usabilidad para que prueben y juzguen la interfaz a partir de las 10

heurísticas de Nielsen: (1) Visibilidad del Estado del Sistema, (2) Utilización del Lenguaje de los Usuarios, (3) Control y Libertad para el Usuario, (4) Consistencias y Estándares, (5) Prevención de Errores, (6) Carga de la Memoria del Usuario, (7) Flexibilidad y Eficiencia de Uso, (8) Diálogos Estéticos y Diseño Minimalista, (9) Ayuda a los Usuarios a Reconocer, Diagnosticar y Recuperarse de los Errores y (10) Ayuda y Documentación.

Las pruebas heurísticas son realizadas por expertos en usabilidad y se centran en encontrar aspectos específicos de la usabilidad de la interfaz. Por más obvios que resulten los errores es bueno tenerlos detectados ya que pueden ser situaciones críticas.

Este trabajo presenta un estudio de usabilidad a partir de las heurísticas de Nielsen a la plataforma *e-planea* de la Universidad de Colima.

METODOLOGÍA

De acuerdo a [2] cinco evaluadores expertos participaron en la evaluación de tres módulos de la plataforma *e-planea*: Informe Anual, Estadística Nivel Superior y Estadística Nivel Medio Superior.

Lugar

Las pruebas se realizaron en una oficina de la Dirección General de Planeación y Desarrollo Institucional.

Proceso

Previo a la evaluación se creó un escenario de uso en caso de que los evaluadores expertos requirieran una guía. Los escenarios fueron hechos basándonos en tareas que se puedan realizar con el sistema.

Al momento en que llegaron los evaluadores expertos se procedió a explicarles el propósito de la plataforma *e-planea* y el objetivo con el cual realizaran las evaluaciones heurísticas correspondientes.

RESULTADOS

Los expertos en el área de usabilidad contestaron un cuestionario conformado de treinta y siete preguntas basadas en las heurísticas de Jakob Nielsen. Se utilizó una escala tipo Likert de 1 a 5, donde 1 es “totalmente en desacuerdo” y 5 es “totalmente de acuerdo”.

Resultados por heurística

Los resultados por heurística mostrados en la Tabla 1 demuestran la media obtenida por todos los evaluadores

expertos respecto a cada una de las diez heurísticas evaluadas.

Heurística	Informe Anual	Estadística nivel superior	Estadística nivel medio superior
1. Visibilidad del Estado del Sistema	3.72	3.48	3.32
2. Utilización del Lenguaje de los Usuarios	4.46	4.66	4.73
3. Control y Libertad para el Usuario	2.93	2.66	2.66
4. Consistencias y Estándares	4.65	4.75	4.6
5. Prevención de Errores	3.05	3.45	3.15
6. Carga de la Memoria del Usuario	4.3	4.5	4.15
7. Flexibilidad y Eficiencia de Uso	3.6	3.36	3.3
8. Diálogos Estéticos y Diseño Minimalista	4.45	4.4	4.5
9. Ayuda a los Usuarios a Reconocer, Diagnosticar y Recuperarse de los Errores	2.4	2.85	2.35
10. Ayuda y Documentación	3.6	4.25	3.9

Tabla 1. Resultados por heurísticas.

A partir de estos resultados podemos inferir que en general el sistema se encuentra con Buena usabilidad, pero existen cuatro puntos de oportunidad, los cuales son: Control y libertad para el usuario; Prevención de errores; Flexibilidad y eficiencia de uso; y Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores.

Resultados por módulo

Los resultados de este punto, mostrados en la Tabla 2 despliegan la media obtenida de todas las heurísticas evaluadas en cada uno de los módulos.

Módulo	Informe Anual	Estadística nivel superior	Estadística nivel medio superior
Media	3.71	3.83	3.66

Tabla 2. Resultados por módulo.

Como se puede observar, el 100% de los módulos cuentan con una valoración superior al 70%.

Al respecto, la Figura 1 muestra las medias que cada evaluador experto asignó a cada módulo en base al análisis de las 10 heurísticas en cada módulo por evaluador.

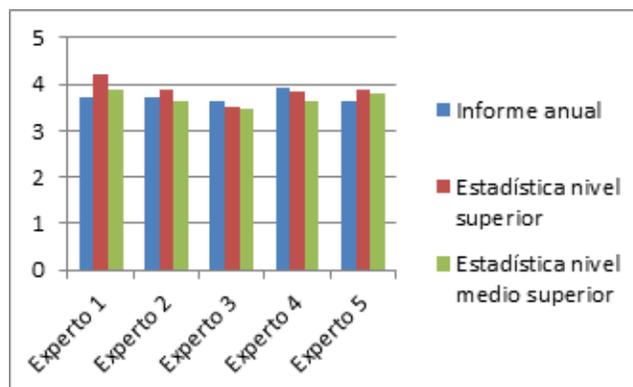


Figura 1. Resultados por experto y por módulo.

A partir de este gráfico podemos inferir que los módulos fueron muy bien recibidos por los expertos, puesto que todos tienen una media superior a 3.5, lo cual indica que sobrepasa el 70% de la calificación posible a obtener, por lo tanto se encuentran para todos los evaluadores en un nivel aceptable con respecto a las heurísticas evaluadas.

CONCLUSIONES

A partir de este estudio se pueden concluir que la plataforma *e-planea* de la Universidad de Colima tiene muchas fortalezas las cuales se pueden mejorar con la finalidad de obtener una mayor usabilidad; las heurísticas que presentaron fortalezas son las de: Diálogos estéticos y diseño minimalista; Consistencias y estándares; Utilización del lenguaje de los usuarios; y Carga de la memoria del usuario. Mientras que las heurísticas de oportunidad para mejorar serían las siguientes: Control y libertad para el usuario; Prevención de errores; Flexibilidad y eficiencia de uso; y Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores.

Cabe mencionar que este Sistema es considerado actualmente bueno por los evaluadores con oportunidad a mejorar.

REFERENCIAS

1. Nancy C Goodwin, "Functionality and usability," *Communications of the ACM*, Marzo 1987.
2. Nielsen, J. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. Test. Alertbox. Recuperado de <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>

Uso del TAM en la evaluación de una plataforma basada en la actividad para dar soporte al RUP

Karla Paulina Calderón Vaca
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
karla_calderon @ucol.mx

Pedro C. Santana
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
psantana@ucol.mx

Miguel Ángel Rodríguez Ortiz
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
maro@ucol.mx

RESUMEN

Este trabajo presenta la evaluación de aceptación de uso de un sistema de gestión de proyectos de software, el cual brinda apoyo al Proceso Unificado de Desarrollo haciendo uso del cómputo basado en actividades.

Palabras clave

Modelos de Aceptación de la Tecnología, Aceptación de uso, Usabilidad, Gestores de proyectos, Cómputo basado en actividades, Proceso unificado de desarrollo.

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces, input devices and strategies, user-centered design.

General Terms

Human Factors.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería en software es una disciplina la cual se encarga de llevar a cabo de manera eficiente la producción y mantenimiento de productos de software los cuales podrán ser modificados con el tiempo. El objetivo de la ingeniería en software es evitar caer en el clásico dominio de la programación tradicional y enfocarse más a cuestiones de gestión. [1].

El desarrollo del software consta de ciertas etapas las cuales son muy importantes para lograr el objetivo de desarrollar un software de calidad, estas son las siguientes: especificación de requerimientos, análisis, diseño, codificación y pruebas. A estas etapas se les conoce como el proceso de desarrollo de software, el cual consiste en el conjunto de actividades necesarias para transformar los requisitos del usuario en un sistema de software [2]. El Proceso Unificado de Desarrollo (RUP por sus siglas en inglés *Rational Unified Process*), es un proceso de desarrollo de software, el cual en lugar de tener pasos firmemente establecidos, contiene diferentes metodologías las cuales se pueden adaptar en cada etapa según el contexto y las necesidades del proyecto.

Durante estas etapas, existen diversos problemas con los que el equipo de trabajo puede encontrarse relacionados con la organización del proyecto. Debido a esto, ha surgido diversas herramientas que ayudan a los equipos de trabajo a mantener una adecuada organización, a estos se les conoce

como gestores de proyectos de software, los cuales ayudan a coordinar el proceso completo.

En la actualidad ha surgido el modelo llamado cómputo basado en actividades (ABC por sus siglas en inglés *Activity-Based Computing*) el cual permite a los usuarios trabajar con aplicaciones específicas que apoyan la manipulación de determinados tipos de información en la realización de tareas específicas [3].

Este trabajo presenta la evaluación de la aceptación de uso por parte de los usuarios finales de un gestor de proyectos de software de apoyo al proceso RUP utilizando el modelo ABC.

DISEÑO DEL SISTEMA

Para cubrir las especificaciones del proyecto se propuso el uso de una “Barra de actividades” para aplicar el ABC (ver Figura 1). A continuación se describen las funcionalidades de dicha barra. En el apartado donde dice “*Actividades*” se listarán todas las actividades que se encuentren registradas en el proyecto. Enseguida se muestran dos actividades, la primera “*Análisis*” es la que se está realizando en este momento y por lo cual se encuentra habilitada, en cambio la que se llama “*ABC*” se encuentra deshabilitada debido a que se encuentra en estado de suspensión. Después se encuentran varios botones los cuales sirven para diversas funciones como: crear, eliminar y guardar actividades. También se encuentra el panel de control para configurar alguna actividad o alguna función de la barra de actividades. Y por último la opción de poder invitar participantes en alguna actividad específica.



Figura 1. Barra de actividades.

EVALUACIÓN

Para medir la aceptación de la plataforma, se utilizó el modelo de aceptación de tecnología (TAM).

Desarrollado por Davis en 1989. Es un modelo muy eficaz probado en la predicción del uso de la tecnología [4]. El

propósito de TAM es explicar las causas de la aceptación de la tecnología por los usuarios. Tal modelo propone que las percepciones de la utilidad y facilidad de uso por una persona en un sistema de información son conclusivas en determinar su intención de utilizar el sistema.

La evaluación TAM se realizó con un grupo de 30 personas alumnos de la Facultad de Telemática en la Universidad de Colima.

Tomando en cuenta las respuestas “De acuerdo”, “Muy de acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, la herramienta TAM generó los siguientes resultados.

En la pregunta de la percepción de la facilidad el 90% cree que el sistema es fácil de utilizar, el 83% dijo que es fácil de aprender a usar el software, el 80% dijo que es claro y entendible y finalmente el 87% dijo que es fácil de encontrar información en el software (ver Figura 2).

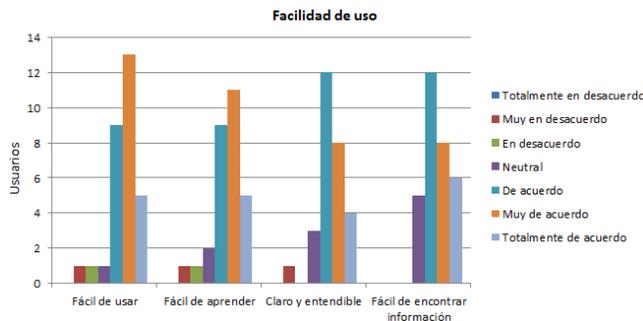


Figura 2. Percepción del uso fácil de la plataforma.

En el área de la percepción de la utilidad, los resultados obtenidos fueron, el 77% cree que es muy eficiente, el 80% dijo que mejorará su desempeño, el 87% dijo que mejorará su productividad y finalmente el 83% creen que les sería útil este software (ver Figura 3).

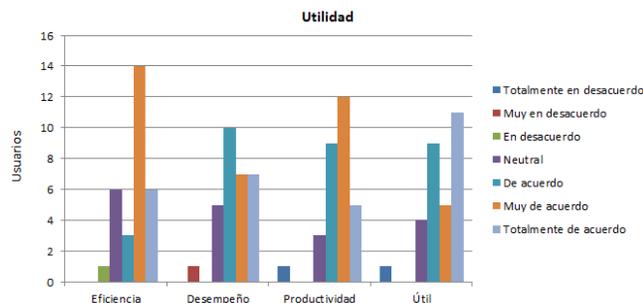


Figura 3. Percepción de la utilidad de la plataforma.

Con respecto a la actitud hacia el uso del software, se obtuvo una respuesta positiva, el 90% creen que es una buena idea el uso de este software (ver Figura 4).

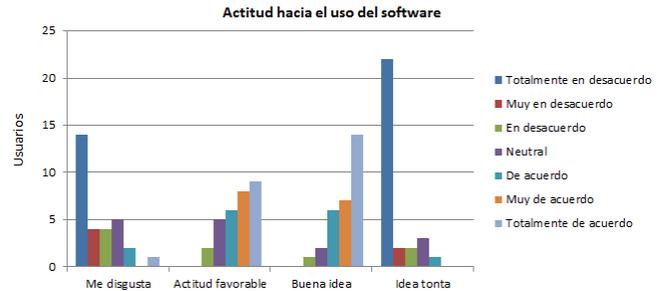


Figura 4. Actitud hacia el uso de la plataforma.

Por último, la pregunta de “la intención de uso”, el 73% tienen la intención de usarlo, el 87% de los usuarios dijeron que ellos lo volverían a utilizar, y el 80% tienen la intención de utilizarlo (ver Figura 5).

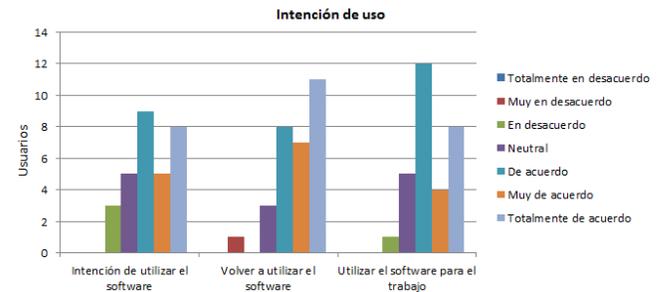


Figura 5. Intención del uso de la plataforma.

CONCLUSIONES

La evaluación de este sistema para gestión de proyectos de software dio como resultado que es útil y permite un mejor desempeño y una mayor eficiencia, además, es considerado como una buena idea. Esto es, ha creado buenas intenciones en los usuarios para seguir usándolo.

REFERENCIAS

1. Montesa, J. O. (s.f.). El proceso de Desarrollo de Software. *Universidad Politécnica de Valencia, Escuela de Informática 2000*.
2. Jacobson Ivar, B. G. El proceso unificado de desarrollo de software. *Pearson Addison Wesley*.
3. Bardram, J. E. *From Desktop Task Management to Ubiquitous Activity-Based Computing*. Aarhus N, Denmark.
4. Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MISQ*, 13(3), 319–340.

Activación física para niños video jugadores

Grecia Areli López Orozco

IHCLab

Facultad de Telemática,
Universidad de Colima
grecia_lopez@uclm.mx

Pedro C. Santana

IHCLab

Facultad de Telemática,
Universidad de Colima
psantana@uclm.mx

Juan Michel García Díaz

IHCLab

Facultad de Telemática,
Universidad de Colima
jgdiaz@uclm.mx

RESUMEN

Actualmente el índice de obesidad ha aumentado de manera alarmante. Esta investigación en progreso está enfocada en proponer una solución a los problemas de obesidad que actualmente se da en los niños, mediante el uso de los juegos de video.

Palabras Clave

Kinect; obesidad; tecnología; videojuegos; sobrepeso.

ACM Classification Keywords

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): User Interfaces, input devices and strategies, user-centered design.

General Terms

Human Factors.

INTRODUCCION

Obesidad en México

En un estudio que realizó el Centro de Nutrición, Obesidad y Alteraciones Metabólicas, mil doscientos millones de personas tienen problemas de obesidad y sobrepeso, de donde el 6.6% son mexicanos, de los cuales el 70% sufre de sobrepeso y el 30% de obesidad. [1]

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) coloca a México en segundo lugar de los países con mayor índice de obesidad en su población. Superado únicamente por Estados Unidos de América con el 33.8% [2], lo cual trae problemas a las personas que la padecen, ya que por ejemplo en Estados Unidos, más del 40% de las personas con obesidad no tiene trabajo, y quienes lo tienen ganan hasta 18% menos que las personas con peso normal [3].

La obesidad infantil es actualmente un problema de salud en México. Hay más de 4 millones de niños que sufren de sobrepeso y obesidad. Donde 1 de cada 5 niños tiene problemas de sobrepeso [2].

Videojuegos

Los primeros videojuegos aparecieron en la década de los 70 y su éxito permitió que pronto se convirtieran en la actividad preferida por los niños [4]. En la actualidad, los videojuegos se encuentran en una gran diversidad de aparatos electrónicos, como: celulares, computadoras y consolas. Hoy en día un alto porcentaje de niños tiene acceso a ellos y muestra un dominio innato de esta tecnología [5].

Microsoft ha lanzado el Kinect, el cual reconoce tus gestos por medio de un sensor. Este sensor detecta el movimiento de todo el cuerpo. Con él se logra poner en movimiento a los jugadores, lo que permite alejarlos del sedentarismo al utilizar esta forma de entretenimiento [6].

Este trabajo analiza la posibilidad de utilizar el sensor Kinect para la realización de juegos de video que eviten el sedentarismo en el video jugador.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Nuestro trabajo de campo fue diseñado para entender a los niños video jugadores al momento de estar interactuando con los juegos de video.



Figura 1. Establecimiento de Videojuegos.

Método

Para recabar la información sobre los objetivos y necesidades de los jugadores, se utilizó la observación directa dentro de las instalaciones un centro de videojuegos (37 niños) en el cual rentan equipos de cómputo y consolas de videojuegos (ver figura 1). Incluimos niños con un rango de edad entre 7 y 13 años, de los cuales el 32% cuenta con sobrepeso y obesidad. Otro aspecto que se tomó en cuenta fue si consumen alimentos mientras juegan. La observación fue realizada dos días por la tarde con un promedio de 3 horas al día. Consideramos que con estos escenarios se puede obtener un entendimiento preliminar del problema a estudiar.

Resultados

De los 37 niños mencionados anteriormente, se dividieron de esta manera:

- 9 niños utilizaron tanto la computadora como la consola de videojuegos.
- 16 niños utilizaron solamente la computadora.

- 12 niños utilizaron solamente la consola de videojuegos.

En promedio los niños se pasaban 2 horas en el establecimiento, pero hubo algunos que cuando llegamos ya estaban en el local y cuando nos íbamos aún seguían jugando. A 13 de los niños que vimos el primer día, los volvimos a ver al día siguiente. Entre la temática de los juegos que observamos, estaba el futbol, los juegos de rol y disparos en primera persona.

Los niños que asistían a utilizar las computadoras normalmente acudían solos, de los chicos que asistían a las consolas variaban entre los que llegaban solos, los que llegaban en grupo y los que se reunían ahí para jugar. Los que se pasaban ahí más de 3 horas, según el encargado, llegaban solos y se iban solos.

El establecimiento cuenta con la venta de frituras, galletas, palomitas de maíz, jugos, refrescos y una variedad de dulces.

Los que más consumen este tipo de alimentos son los que utilizaban la computadora, los jugadores de consola se concentraban más en los juegos que en comprar golosinas, pero al momento de estar esperando su turno consumían alguno de estos alimentos.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

De acuerdo a lo que se observó y a la investigación realizada, se tiene la siguiente propuesta. Utilizando la herramienta Kinect de la consola Xbox, desarrollar un video juego donde se introduzca el movimiento como control. La idea es que por medio de una serie de gestos con las manos, las piernas y la cabeza en conjunto con la posición del cuerpo, el personaje realice las acciones necesarias para ganar el juego. Al final de cada partida y dependiendo si ganó o perdió se le solicitará al jugador que realice ciertos movimientos para poder avanzar de nivel o repetirlo según sea el caso, por ejemplo, si ganó se le invitará a celebrar levantando los brazos o brincando, en caso contrario se le impondrá un castigo como sentadillas. Así al jugar saldrá de la rutina de estar sentado y sin movimiento además de que lo ayudaría a incrementar la satisfacción que siente al pasar una misión y al perder recibir un castigo y de esta forma motivarlos a activarse más para no recibirlos.

Entrevistas

Para validar nuestra propuesta se realizó en el local de juegos una entrevista a 30 niños, en la cual se les preguntó lo siguiente: ¿Qué opinas agregarle la opción de jugarlos por medio del kinect, tomando en cuenta ciertos movimientos del cuerpo para la interacción del personaje? y ¿Qué opinas que cada logro se festeje con un tipo de baile o movimiento y las fallas con un castigo? De estas preguntas el 100% de respuestas fueron positivas, lo que da la pauta para continuar trabajando con esta propuesta de activación.

CONCLUSIÓN

La tecnología nos rodea en casi todos los ángulos de nuestra vida y la hacemos parte de esta misma. Nos beneficia al tener una gama infinita de posibilidades en la comunicación pero de igual manera nos aísla de la sociedad y nos impone hábitos que no son buenos para nuestra salud.

Estar dentro de los 5 países con más obesidad infantil debe motivarnos para realizar acciones que luchen para disminuir estos números. Ya se han realizado videojuegos específicos para realizar ejercicio, pero es más llamativo para un niño si se incluyera ejercicio dentro de los juegos de rol, de disparos o de futbol que actualmente se juegan. Nuestra propuesta enfatiza esto y lo realiza de una manera divertida y sin que el niño se dé cuenta que está haciendo ejercicio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo que nos brinda la Universidad de Colima, así como al encargado del establecimiento al que asistimos a realizar las entrevistas.

REFERENCIAS

1. Centro de Nutrición, O.y.A.M., La Obesidad en México, 2012.
2. (OCDE), O.p.l.C.y.e.D.E. 30% el índice de obesidad en México. 2010.
3. (OCDE), O.p.l.C.y.e.D.E. La obesidad y la economía de la prevención. 2010.
4. Morales Cardona, M. (2009). Los videojuegos y sus efectos sobre el desarrollo cognitivo y conductual de los niños.
5. Etxeberria, F. (1998). Videojuegos y educación. ISSN 1134-3478. España
6. Xbox Live, Página oficial. Microsoft. <http://www.xbox.com/>

Interacción Social de Niños Autistas con un Agente Corpóreo

Ma. de la Luz Palacios Villavicencio
Universidad Tecnológica de la Mixteca
Instituto de Diseño
Huajuapán de León, Oaxaca
luzpavi@yahoo.com.mx

Néna Roa-Seiler
Universidad Tecnológica de la Mixteca
División de Estudios de Posgrado
Huajuapán de León, Oaxaca
nenaroa@gmail.com

Wendy Yaneth García Martínez
Universidad Tecnológica de la Mixteca
Instituto de Computación
Huajuapán de León, Oaxaca
wawinawen@gmail.com

ABSTRACT

El autismo es un trastorno generalizado caracterizado por escasa interacción social, baja tolerancia a la frustración, movimientos repetitivos, aislamiento y problemas de lenguaje. Por lo que la identificación de patrones conductuales disfuncionales en diferentes áreas del desarrollo como la comunicación, la socialización y el afecto son claves importantes para ofrecer alternativas que ayuden a la inserción social y funcional de quienes lo padecen. En esta investigación se planteó determinar el nivel de interacción de niños autistas y el grado en el que logran identificar emociones en un agente corpóreo conversacional (ECA). Se realizó una investigación exploratoria en la que se utilizó una aplicación tecnológica llamada EMO [3], desarrollada y aplicada con población española. Ésta contiene un ECA que ayuda a los niños a identificar emociones mediante movimientos corporales y gestos faciales. Los resultados muestran algunos de los problemas claves a considerar en el desarrollo de software.

Palabras clave. Autismo, niños, agente corpóreo.

INTRODUCCIÓN

El autismo es un desorden neurobiológico que afecta de por vida la comunicación y las relaciones sociales y afectivas de un individuo. A quienes lo padecen les resulta difícil relacionarse e incluso son incapaces de comunicarse con los demás, presentan problemas de comportamiento así como ejecución de movimientos repetitivos [4]. La proporción de incidencia es de 5 a 1, siendo mayor la cantidad de hombres que lo padecen [2]. Los profesionales de la salud consideran que el autismo es un trastorno de “espectro” el cual se clasifica en: Trastorno de Rett, Desintegrativo infantil, Asperger y Generalizado del desarrollo no especificado [4,2]. Baron-Cohen y cols. [1] señalan que es posible que la persona autista aprenda a comprender las emociones de los demás (así como las propias) si se les enseña de manera directa y mediante apoyos visuales. En este estudio se exploró el comportamiento de un grupo de niños autistas ante un software elaborado originalmente para población española.

OBJETIVO

Determinar el nivel de interacción e identificación de emociones que presentan niños autistas ante la presencia de un agente corpóreo conversacional y con el uso de un espejo virtual es decir que el niño puede verse en la pantalla durante el tiempo de la interacción.

METODOS

Se realizó una investigación no experimental transeccional de tipo exploratorio. Se trabajó con 4 niños de espectro autista de 6 a 13 años y se incluyó una joven de 16 años.

INSTRUMENTOS

Se trabajó con la aplicación tecnológica EMO desarrollada por López-Mencía, B. [3]. Se trata de un agente corpóreo conversacional (ECA por sus siglas en inglés –Embodied Conversational Agent) que mediante movimientos corporales y gestos faciales ayuda a los niños a identificar emociones. La aplicación contiene nueve emociones (enojo, sorpresa, agrado, desagrado, hambriento, alegre, cansado, triste y feliz) y cuatro expresiones comunes (quiero más, te amo, quiero estar sólo y no quiero estar sólo), éstas fueron definidas y probadas con niños españoles.

PROCEDIMIENTO

Se realizó una prueba piloto con la aplicación tecnológica EMO, previamente descrita como un agente corpóreo conversacional. Se seleccionó un grupo de niños de espectro autista para que realizaran pruebas con EMO con tiempo libre de exploración. Se acondicionó un espacio de 2 x 3 m para que los niños pudieran interactuar con EMO directamente en una computadora portátil colocada sobre una mesa. Se colocaron videocámaras de registro y un monitor extra conectado a la portátil desde el que se podían grabar los movimientos realizados con el ratón por los niños.

Se realizaron sesiones individuales en las que cada niño interactuaba con la aplicación tecnológica mientras se mantenía sentado frente al monitor de la portátil. Se les permitió que exploraran libremente el software y

posteriormente se les pedía que identificaran las emociones representadas en los íconos.

RESULTADOS

Durante las pruebas se comprobó que los niños habían tenido poco contacto previo con dispositivos tecnológicos. Esto se identificó al observar que tres de ellos no tenían una adecuada coordinación visomotriz que les permitiera asociar el movimiento de sus manos con el movimiento del puntero que se desplazaba en el monitor. Esto dificultó y limitó la interacción de los niños con el dispositivo (véase Figura 1).

En cuanto a la interacción y la atención que prestaron al agente conversacional esta fue mínima, ningún niño pareció dirigir su atención hacia éste. Sin embargo, se observó que prestaban más atención al espejo virtual que se usaba mediante el uso de la cámara web, al cual, los niños con rasgos autistas miraron en más de 5 ocasiones, sobre todo el niño con Asperger. Aunque no sucedió lo mismo con los niños que están diagnosticados con autismo como tal.

Otro aspecto que se evaluó fue la asociación de la iconografía con las emociones. En este punto se dificultó la asociación de las emociones con el icono. De las 13 emociones y frases presentadas en el software sólo un niño logró detectar 6 (S3), otro 5 (S1) y otro 4 (S2), los otros dos niños no identificaron ninguna emoción (véase Tabla 1).



Figura 1. Pruebas usando EMO con niños autistas S1 (izquierda), S2 (centro) y S4 (derecha)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio exploratorio permiten identificar los posibles problemas que se tienen que solventar en el desarrollo de un software para niños autistas enfocado a la detección de emociones. Como se indicó anteriormente, el poco contacto con equipo tecnológico así como el uso de dispositivos adicionales a la computadora dificulta la interacción de los niños con el dispositivo. Por otro lado, la selección de las emociones que se representen a través de íconos debe estar enfocada a las características de la población con la que se trabajará. Para los niños autistas manejar 13 emociones probablemente dispersa la atención por lo que se debería trabajar con modelos de emociones más básicos y más accesibles para esta población mexicana.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Beatriz López Mencía y Luis Hernández Gómez de GAPS: grupo de investigación que forma parte del Departamento SSR (Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones) de la UPM (Universidad Politécnica de Madrid) por habernos proporcionado el software EMO. Y al Centro de Atención Múltiple-04 por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

1. Baron-Cohen, S., Hadwin, J.; Howlin, P. & Hill, K. (2001) ¿Podemos enseñar a comprender emociones, creencias o ficciones a los niños autistas?. En: El tratamiento del Autismo. Nuevas Perspectivas. Riviere & Mattos, Comp. Madrid: IMSERSO.
2. Benites Morales, Luis (2010). Autismo, familia y calidad de vida. CULTURA: Lima (Perú) 24: 1-20, 2010. ISSN:1817-0288
3. López Mencía Beatriz, Pardo David, Roa-Seiler Néna, Hernández-Trapote Alvaro, Hernández Luis A. (2010, Mayo). Look at me!: An emotion learning reinforcement tool for children with severe motor disability. In Proceedings of Multimodal Corpora: Advances in Capturing, Coding and Analyzing Multimodality (LREC). República de Malta 134-139.
4. Sattler Jerome M., Hoge Robert D. (2008). Evaluación Infantil: Aplicaciones conductuales, sociales y clínicas. Manual Moderno Vol. II 5ª. Edición, Pág. 558

Sujetos	S1	S2	S3	S4	S5
Características					
Edad	6 años 6 meses	6 años 11 meses	7 años 9 meses	13 años	16 años
Diagnóstico	Asperger	Autismo	Di con rasgos autistas	Rasgos autistas	Autismo
Número de minutos frente al software	12:56	15:32	21:30	7:29	10:03
Coordinación visomotriz	Si	No	Si	No	No
Veces que recurrían a verse en el espejo virtual	17	4	10	5	3
Emociones identificadas	Alegre, me gusta, corazón, sorprendido, enojo	Asustado, alegre, me gusta, triste	Corazón, enfadado, quiero más, aplausos, asustado, no me gusta	ninguna	ninguna
Interacción con el dispositivo	Mucha	Poca	Mucha	Poca a nula	Poca a nula
Observaciones	Al ver el corazón preguntó, ¿y dónde están las flores?, la mayoría de los iconos seleccionados fueron elegidos azarosamente no porque haya habido una relación real de iconos con significado. Algunas veces relacionaba el icono de “triste” con “asustado” y “cansado” con “enfadado” .	No sabía cómo comenzar a interactuar con el dispositivo. Al no tener coordinación viso-motriz se le complicaba identificar icono-emoción. Los iconos presionados no fueron por relación de emociones sino por casualidad. Sólo en dos ocasiones y con dificultad logró relacionar icono con emoción.	Al escuchar los aplausos dijo “bravo” siendo el icono que más presionaba aplaudiendo a la vez. Cuando se le indicó que seleccionara un icono en específico no lo hizo.	Su atención estaba centrada en desconectar el dispositivo así como en abrirlo-cerrarlo. Cuando se activaba el icono de aplausos, el aplaudía. Golpeaba el dispositivo en señal de frustración.	Desplazaba su mano sobre la pantalla intentando interactuar un poco con el sistema, pero al final opto por cerrar el dispositivo en señal de que había terminado.

Tabla 1. Resume algunos parámetros de interacción que presentaron los niños evaluados en el estudio.

Implementación de una Red Contextual en la población de Capula, Michoacán

Cuauhtémoc Rivera Loaiza
Facultad de Cs Físico-Matemáticas
Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo
crivera@fismat.umich.mx

Ma. Margarita Virgen González
Facultad de Cs Físico-Matemáticas
Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo.
maggy.fismat@gmail.com

RESUMEN

Dentro del Taller Fábrica de Ideas realizado en la ciudad de Puebla, Pue. Se definió uno de los proyectos a ser apoyados con financiamiento, enmarcado dentro del Reto 6: Servicios Basados en Conocimiento para el Ciudadano de las Redes TIC Conacyt. Este proyecto fue denominado “Red Contextual”.

Este trabajo presenta una descripción de la implementación de una de las etapas de la Red Contextual en la población de Capula en el estado de Michoacán. Esto es hecho mediante la utilización de técnicas de diseño centradas en el usuario.

Author Keywords

Human-Computer Interaction; Usability; Graphical User Interfaces; User Centered Design.

ACM Classification Keywords

H.5.2 User Interfaces.

DEFINICIÓN DE RED CONTEXTUAL.

La diversidad cultural es una herencia importante en México. Sin embargo, las estrategias y políticas actuales en la televisión, radio y el Internet no representan los intereses, las preocupaciones y los problemas de diferentes grupos sociales y minorías. Dicha falta de representación y acceso es un factor clave detrás de la exclusión social, discriminación y el debilitamiento de la sociedad en general.

Existe entonces una necesidad para la creación, desarrollo y despliegue de servicios de punta basados en el conocimiento que promuevan la diversidad cultural. Dada la importancia del contexto en la diversidad cultural, este proyecto propone una plataforma innovadora sensible al contexto con el objetivo de proveer acceso y promover una representatividad rica de las diferentes culturas Mexicanas.

Nosotros llamamos a esta plataforma Red Contextual.

UTILIZACIÓN DE UN DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO

La implementación de la Red Contextual se realizó con la consigna de cubrir en su totalidad los requerimientos de los usuarios, y esto fue logrado mediante la utilización de técnicas basadas en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU). El DCU es un enfoque de desarrollo de productos que se centra en los usuarios finales de un objeto dado. La filosofía básica de esa técnica es que los productos deben de amoldarse a los usuarios, en lugar de que el usuario se tenga que adaptar al producto [1]. Existen tres principios básicos del DCU: entender perfectamente a los usuarios y sus tareas, desarrollo de mediciones empíricas del uso del producto, y la utilización de un diseño iterativo [2]. Estos principios son fundamentales para el desarrollo de nuestro proyecto, ya que la Red Contextual depende de un adecuado entendimiento de los usuarios y todos sus requerimientos, para poder tener un sistema que permita darles una herramienta con base tecnológica que les ayude a tener una mejor forma de expresión en el contexto actual.

En el proyecto de Red Contextual se definieron dos etapas de implementación en estados de la República Mexicana, una en Oaxaca y otra en Michoacán. La elección de abos lugares fue debido a sus altos índices de marginación, acceso expedito a poblaciones muestra, y contactos previos de los investigadores con gente del lugar. En Oaxaca y Michoacán se aplicaron las mismas técnicas de UCD para el desarrollo del proyecto. Se tuvo una etapa de investigación etnográfica de la población, análisis de requerimientos, elaboración de personas, elaboración de prototipos de alta y baja fidelidad, y finalmente la prueba in-situ de los prototipos.

IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA DE LA RED CONTEXTUAL, EN OAXACA.

La primera etapa de implementación fue realizada en Oaxaca, en marzo 2011. El desarrollo de la solución pertinente y apropiada para las mujeres indígenas de la comunidad de Santos Reyes Yucuná, Oaxaca (población 1332 habitantes [4]) estuvo centrada a las necesidades y requerimientos particulares de ellas.

Para este estudio se desarrollaron tres etapas: un estudio etnográfico inicial, para conocer su entorno y el uso y la aproximación a la tecnología por parte de los usuarios; pruebas in situ a prototipos gráficos de los íconos y opciones del sistema para asegurar un entendimiento e identificación de las opciones contenidas y una prueba del Mago de Oz a el prototipo desarrollado en base a las observaciones realizadas.

La implementación de esta etapa fue dirigida por Mario A. Moreno Rocha y Carlos Alberto Martínez, ambos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en Huajuapán de León, Oaxaca.

IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA DE LA RED CONTEXTUAL, EN MICHOACÁN.

Durante el último trimestre de 2011 se inicia formalmente la etapa de implementación de la Red Contextual en Michoacán. A través de reuniones de trabajo con distintas instancias gubernamentales y educativas del Estado (Universidad Intercultural Indígena, Casa de las Artesanías del Estado de Michoacán, Secretaría de la Mujer, y la propia Universidad Michoacana) se definieron tres sitios potenciales para nuestro estudio: Capula, Zinapécuaro y San Nicolás Obispo.

Estas tres localidades tienen una gran tradición artesanal en alfarería, cada una con estilo propio. Además, geográficamente se encuentran cerca de Morelia (San Nicolás Obispo y Capula forman parte del municipio de Morelia). Después de evaluar factores como facilidad de acceso, factibilidad de implementación del estudio y reconocimiento al exterior de su artesanía, se eligió trabajar con artesanos de Capula.

INFORMACIÓN BÁSICA DE CAPULA

Capula, Michoacán es una población que se encuentra dentro del municipio de Morelia, aproximadamente a 20 minutos del área metropolitana. Se considera que se encuentra en el borde de el área de influencia de la Región Purépecha, siendo fundada en 1550. Esta población es conocida por su producción de alfarería, primordialmente utilitaria (vajillas, ollas, etc.) que tienen el sello característico de la flor de capulín. Recientemente también han incursionado con mucho éxito en la producción de Catrinas de barro. La población de Capula en el 2010 era de aproximadamente cinco mil habitantes [3].

PROBLEMÁTICA DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LA ARTESANÍA DE CAPULA.

La situación de la alfarería en esta población está pasando por una etapa crítica. Tradicionalmente dependían de dos fechas clave para la venta de sus productos: Semana Santa y Navidad. En esas temporadas era común el arribo de turistas y compradores de mercancía al mayoreo que hacían el trayecto por carretera hacia Capula. Sin embargo, la inseguridad en las carreteras nacionales ha

hecho que muchos de esos viajes sean cancelados. A esto hay que sumar el apabullante arribo de mercancía extranjera, principalmente de China, que ha hecho disminuir más aún sus ventas.

Pese a todo esto, los artesanos de Capula siguen trabajando y buscando nuevas formas de comercialización, principalmente en Ferias Artesanales. Todo esto hecho con principalmente con recursos financiados por los propios artesanos.

Es de notar que la exhibición y venta de sus productos a través de medios electrónicos es prácticamente inexistente (aunque los artesanos están conscientes de que ésta existe).

PROPUESTA TECNOLÓGICA,

Basado en el estudio contextual que incluyó la realización de entrevistas con artesanos, creación de personas, y la elaboración de prototipos, se decidió implementar una solución tecnológica que contribuyera a mejorar la percepción de la artesanía producida en Capula por parte de potenciales consumidores de sus productos.

Se presentan resultados y prototipos de baja y alta fidelidad de las soluciones de diseño a las que se llegó después del estudio contextual. También se presentan resultados de la implementación de la prueba de Mago de Oz, emulando las técnicas utilizadas en la primera etapa de la Red Contextual, en un ambiente cultural y geográficamente distinto.

AGRADECIMIENTOS

En el proyecto inicial de definición de la Red Contextual participaron Mónica, Alfredo Sánchez, Ricardo Sosa, además de Mario A. Moreno Rocha y Cuauhtémoc Rivera. En la implementación de la Red Contextual en Oaxaca participaron Carlos Alberto Martínez y el equipo de estudiantes de SIFE, todos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

REFERENCIAS

1. Courage, C. and Kathy Baxter. *Understanding your users, a practical guide to user requirements*. Morgan Kaufmann. Amsterdam 2005.
2. Gould, J.D. & C. Lewis. Designing for usability: Key principles and what Designers Think. *Communications of the ACM*. 2(1985), 300-311.
3. Secretaría de Desarrollo Social. Catálogo de localidades. Capula, Municipio de Morelia, Michoacán.
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=16&mun=053>
4. Secretaría de Desarrollo Social. Catálogo de localidades. Santos Reyes Yacuná, Oaxaca.

Metodología DCU aplicada en diseño de aplicación móvil para plataforma de enseñanza aprendizaje

Aída Lucina González Lara
Universidad Autónoma de
Nuevo León
aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx

Ofelia Patricia Carrera Reyes
Universidad Autónoma de
Nuevo León
ofe.carrera@gmail.com

Víctor H. Aquino Hernández
Universidad Autónoma de Nuevo
León
aquinovh@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el avance del desarrollo de una aplicación para dispositivo móvil para el uso de una la plataforma de enseñanza aprendizaje utilizada por una institución educativa de nivel superior en la impartición de cursos en modalidad semipresencial y a distancia. Para este diseño se aplica la metodología DCU con la finalidad de lograr el diseño de una aplicación que cumpla con los requerimientos de usabilidad, definida como la calidad de la interfaz con respecto a su facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y la satisfacción del usuario.

Palabras Clave

Diseño centrado en el usuario; DCU; m-learning

ACM Classification Keywords

H. Information Systems

H.5 Information Interfaces and Presentation

H.5.2 User Interfaces

Subject: User-centered design

INTRODUCCIÓN

El m-learning surge como la evolución natural del e-learning hacia el empleo de dispositivos móviles. Se denomina m-learning, o aprendizaje electrónico móvil, a una metodología de enseñanza y aprendizaje que se vale del uso de pequeños dispositivos móviles, tales como teléfonos móviles o agendas electrónicas, en definitiva, todo dispositivo de mano que tenga alguna forma de conectividad inalámbrica [1].

El aprendizaje móvil tiene varias definiciones, dependiendo del enfoque donde se ubica dentro de los ambientes de aprendizaje; el aprendizaje móvil puede ser visto como un subconjunto de e-learning. E-learning es el concepto macro que incluye los entornos de aprendizaje móvil y en línea. M-learning es el e-learning a través de dispositivos móviles de cómputo” [2].

Las soluciones de m-learning ofrecen la libertad de capturar pensamientos e ideas de manera espontánea y permiten acceder a las tecnologías de la información cuando y donde el usuario lo necesite, facilitando la posibilidad de implementar innovadores modos de dar clase y aprender [3].

Tal es la importancia que están teniendo estos dispositivos en la sociedad actual, que las organizaciones proveedoras de formación se han visto en la necesidad de producir

contenidos específicamente dirigidos a los dispositivos móviles puesto que se trata de un mercado con millones de usuarios y en constante crecimiento [1].

Algunas de las características del m-learning se muestran en la Gráfica 1 [4,5,6,7,8].



Gráfica 1. Presentación de características del m_learning

Diseño Centrado en el Usuario

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) es un término amplio para describir los procesos de diseño en los que usuarios finales influyen en la manera en que un diseño toma forma; hay varias maneras en que los usuarios se involucran en este proceso, pero el concepto importante es que están implicados de una manera u otra. Por ejemplo, algunos tipos de DCU consultan a los usuarios acerca de sus necesidades y los involucran en momentos específicos durante el proceso de diseño, por lo general durante la recogida de requisitos y pruebas de usabilidad [9].

Nexus

NEXUS es una plataforma desarrollada por la Dirección General de Informática (DGI) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la cual funge como plataforma

institucional teniendo como objetivo facilitar la colaboración entre alumnos y maestros en el proceso de enseñanza aprendizaje, en su modalidad presencial, a distancia y mixta, NEXUS se distingue de otras plataformas comerciales por estar integrada con conceptos pedagógicos gracias al apoyo de personal académico de la UANL que ha participado durante el desarrollo y la optimización de la misma, NEXUS se puede acceder vía Internet [10].

JUSTIFICACIÓN

Dado que la mayoría de los alumnos y profesores tienen acceso a un dispositivo móvil y actualmente no existe una versión de la plataforma NEXUS que se pueda acceder fácilmente mediante dichos dispositivos, se decidió desarrollar una aplicación de la plataforma NEXUS para dispositivos móviles, la cual cumpla con los requerimientos de usabilidad, definida como la calidad del sistema interactivo con respecto a su facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y la satisfacción del usuario [11].

NEXUS incluye información como avisos, tareas, calificaciones a la cual el alumno requiere acudir de manera rápida y fácil. El proporcionarle al alumno una aplicación móvil de NEXUS le facilitará su trabajo y será una ventaja para los usuarios de la plataforma.



Gráfica 2. Metodología de DCU para diseño de interfaz móvil para NEXUS

METODOLOGÍA

Con el objetivo de lograr como resultado una interfaz móvil que sea usable, se siguió la metodología de DCU mostrada en la Gráfica 2.

Una parte primordial en el DCU es la participación de los usuarios, razón por la cual se seleccionaron usuarios de diferentes perfiles, es decir, se incluyeron alumnos de licenciatura, posgrado, de diferentes áreas de estudio y nivel de experiencia en el uso de la plataforma, con la finalidad de que la retroalimentación en las diferentes fases contribuyera ampliamente en el diseño.

Se realizó una revisión de trabajos relacionados con la finalidad de analizar las características que se pudieran tomar en cuenta para el diseño y profundizar en el tema.

Con el objetivo de conocer más a fondo a los usuarios, conocer las necesidades que ellos tienen hacia la plataforma, se realizó una encuesta en una facultad a alumnos y profesores que cursan materias de manera semipresencial y a distancia, de nivel Licenciatura y

Posgrado. Esta encuesta se aplicó en la Plataforma NEXUS en el módulo de Encuestas del 8 de marzo al 28 de marzo del 2012; la información obtenida fue relevante para la selección de elementos que forman parte del diseño conceptual.

El total de usuarios que respondieron la encuesta fueron 205, de los cuales, el 61.4% se encuentran entre 21-25 años de edad y el 75.1% son hombres, con dicho resultado se puede concluir que la aplicación estará diseñada para jóvenes y adultos jóvenes. El 92.15 % de los usuarios encuestados cuentan con un dispositivo móvil, solo el 41.6% cuenta con un plan de datos/Internet, sin embargo el 69.65% tiene conexión inalámbrica (Wi-Fi), con dicha información conocemos que un buen porcentaje de alumnos puede utilizar la aplicación. La Gráfica 3 muestra la representación de una de las preguntas de la encuesta.



Gráfica 3. Representación de la respuesta a la pregunta de frecuencia de uso de NEXUS móvil

Diseño Conceptual y Prototipo Inicial

Para la realización del diseño conceptual se utilizó la técnica de *cardsort* con los usuarios seleccionados con la finalidad de categorizar las opciones y seleccionar el nombre de cada categoría. Los módulos a incluir en NEXUS móvil serán los elegidos por los usuarios con base a los resultados de las encuestas. La funcionalidad principal de estos módulos ya está definida por la plataforma NEXUS, la técnica *cardsort* también se utilizó para definir el orden de las opciones, solicitando a los usuarios que acomodaran las opciones de acuerdo a la frecuencia con la que las utilizarían. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Comunicación	Tareas	Material Apoyo	Herramientas
Avisos	Calendario	Documentos	Calificaciones
Foros			Portafolio
Mensajes			
Correo			

Tabla 1. Muestra los resultados del orden y posición de las opciones en los menús después de la técnica *cardsort*

Se diseñaron 2 tipos de prototipos de baja fidelidad iniciales utilizando la herramienta de software *mockflow*, tomando

en cuenta principios de diseño para plataformas móviles, estos prototipos se utilizaron en sesiones de evaluación con los usuarios seleccionados con la finalidad de obtener retroalimentación de ellos en aspectos como diseño visual, navegación, uso de metáforas, colores.



Gráfica 4. Prototipo inicial de NEXUS móvil

Evaluación con Usuarios

Se realizó la evaluación con seis usuarios El procedimiento se lista a continuación:

- Proporcionar al usuario la explicación del objetivo del ejercicio de evaluación y el procedimiento de la dinámica a seguir.
- Solicitar autorización al usuario para ser grabado durante la sesión.
- Se muestran las dos propuestas, y para cada pantalla el usuario simulaba el funcionamiento de la aplicación; seleccionando la opción que deseaba ver.
- Se compararon ambos prototipos; mostrándole por cada una de las secciones o módulos las pantallas del prototipo 1 y 2.

La sesión de retroalimentación fue muy útil, en particular la comparación de los dos prototipos, ya que proporciona información para complementar el prototipo final con ideas de ambos prototipos; con el análisis de los comentarios de los usuarios se pudo identificar las modificaciones que se realizaron para la creación de un prototipo único y final.

CONCLUSIONES

Utilizar una metodología DCU contribuya a que la interfaz final sea usable dado que el contacto que se mantuvo con los usuarios mediante encuestas, técnica de *cardsort* y retroalimentación proporcionó información de valor para el diseño así como elementos no considerados inicialmente. Actualmente se desarrolla el prototipo funcional, se dará

seguimiento a la metodología DCU con la evaluación mediante recorrido cognitivo y evaluación heurística. Se espera que este trabajo sirva de modelo para el diseño de aplicaciones móviles para otros servicios de la Dirección General de Informática de la Universidad tales como UNIBOLSA (Bolsa de Trabajo), CODICE (Bibliotecas), SIASE (Sistema Integral de Administración y Servicios escolares).

REFERENCIAS

1. Velasco, A. Carabias, J. Conde, M.A., García F.J. ClayNet: Adaptación de contenidos en m-learning. [En línea] <http://www.w3c.es/Eventos/2007/MWeb/Comunicacion/Papers/p2.pdf>.
2. Quinn, C. Mobile magic: Think different by design. s.l. : Podcast Ciclo de conferencias de la Escuela de Graduados en Educación y Centro de Innov@te del Tecnológico de Monterrey. [En línea] <http://podcastuv.itesm.mx/>
3. Hellers, N. Aprendizaje portátil, la revolución. e-learning América Latina. [En línea] <http://www.elearningamericalatina.com>.
4. Bocanegra, Flétscher. L. A. Modelo de desarrollo de servicios mlearning. una propuesta desde la concepción del servicio hacia la pedagogía MLearning. [En línea] http://201.234.71.135/portal/uzine/volumen22/articulos/1_servicios_m-learning.pdf.
5. e-ISEA. Innovación en Servicios Empresariales Avanzados. Mobile Learning, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning. [En línea] http://www.iseamcc.net/eISEA/Vigilancia_tecnologica/informe_4.pdf.
6. Chávez Moreno, O. M Learning <http://www.slideshare.net/oswchavez/m-learning-170628>.
7. Gallardo Echenrique, E. E. m-Learning. [En línea] <http://elianagallardo.blogspot.com/2008/03/m-learning.html>.
8. Izarra, Ca. "Mobile Learning "Aprendizaje Móvil"". [En línea] http://www.archive.org/stream/MobileLearningaprendizajeMvil/MobileLearning_djvu.txt.
9. Abras, C., Maloney-Krichmar, D., Preece, J. (2004) User-Centered Design. In Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications..
10. Silva Zamarripa, J. Seminario Permanente sobre Tecnología y Cambio Educativo. 5ta Edición. UANL.2011. Monterrey N.L, México
11. Rosson, M.B., Carroll, J.M. Usability Engineering: Scenario-Based Development Of Human-Computer Interaction. Morgan Kaufmann. 2002.

Portal para la Visualización y Extracción de Material Audiovisual de Proyectos Terminales Digitales DIGITAL PT.

Yanet López Félix

Universidad Autónoma
Metropolitana - Cuajimalpa
Av. Constituyentes #1054.Col.
Lomas Altas, Del. Miguel
Hidalgo, C.P. 11950, México,
D.F.

208365163@alumnos.cua.uam.mx

Rocío Abascal Mena

Universidad Autónoma
Metropolitana - Cuajimalpa
Av. Constituyentes
#1054.Col. Lomas Altas, Del.
Miguel Hidalgo, C.P. 11950,
México, D.F.

mabascal@correo.cua.uam.mx

RESUMEN

El proyecto consiste en la publicación y puesta a disposición de la comunidad universitaria los proyectos terminales (tesis), que los alumnos de las diferentes licenciaturas de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño (DCCD) de la Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa (UAM-C) realizan al finalizar sus estudios. La importancia que tiene este proyecto es que en comparación con otros portales, el nuestro no sólo ofrece la visualización de archivos de texto, sino que además de ello se puede visualizar y extraer materiales como imágenes, audio y video.

La implementación del sistema se realizó utilizando y modificando DSpace¹, que es un software libre que permite la creación de repositorios institucionales.

Author Keywords

Biblioteca digital; metadatos; DSpace; bases de datos; diseño de interfaz; recuperación de información.

ACM Classification Keywords

H.3.7 Information storage and retrieval: Digital Libraries.

General Terms

Human Factors: Designs; Documentation.

1. INTRODUCCIÓN

De manera general al finalizar un alumno sus estudios y poder obtener un grado de licenciatura, maestría o doctorado, es necesario presentar un examen profesional que consta de dos partes: (1) la parte oral que es evaluada por un jurado que realiza cuestionamientos acerca del tema de la tesis y (2) la parte escrita que consta de la entrega de un documento en el que se plasma toda la investigación y

desarrollo del problema a resolver, para finalmente publicarla.

Actualmente, las universidades están optando por que la publicación de una tesis se realice de manera digital, a través de las llamadas bibliotecas digitales. En este caso, más allá de una simple publicación electrónica, las tesis digitales son documentos de gran valor para la entidad que las genera puesto que en ella se ven reflejados todos los conocimientos adquiridos durante la carrera del estudiante [1]. De igual manera, proyectos como Networked Digital Library of Theses and Dissertations (NDLTD) [2], [3], [4], y [5] contribuyen en la promoción, adopción, uso y preservación de las tesis mostrando la factibilidad de nuestro proyecto y la urgencia por que las universidades opten por estos medios para la difusión de sus tesis o proyectos terminales.

Para la implementación de nuestro portal utilizamos DSpace el cual es un sistema para la gestión de archivos digitales realizado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y los laboratorios Hewlett-Packard (HP) cuyo propósito es el de ayudar en la creación, indexación y recuperación del contenido en diversos formatos [6].

El artículo restante se encuentra organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 exponemos la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto. Presentamos el diseño y la implementación del sistema utilizando DSpace en la Sección 3. Una vez implementado el sistema se generó una evaluación con profesores y estudiantes la cual exponemos en la Sección 4. Finalmente, terminamos el artículo con las conclusiones y el trabajo a futuro.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se dividió en 6 etapas, las cuales se explican a continuación:

¹ <http://www.dspace.org/>

Etapa 1: Investigación y análisis para la publicación.

Esta etapa comprendió la investigación de técnicas de publicación de tesis en portales de tesis electrónicas existentes en México y en el resto del mundo. Además, se realizó una encuesta a profesores de la DCCD para recolectar los proyectos terminales y determinar la estructura que actualmente tienen éstos en las tres diferentes licenciaturas que conforman la DCCD.

Etapa 2: Diseño para la estructuración de documentos y material audiovisual.

La etapa 2 consistió en definir la propuesta de diseño para la etiquetación y adecuación de proyectos terminales ya entregados por los alumnos de la DCCD. Se homogeneizaron dichos proyectos, con los mismos metadatos para permitir, posteriormente, su búsqueda dentro del portal.

Etapa 3: Diseño del sistema.

En la etapa del diseño se planeó el funcionamiento y la apariencia del sistema. Para ello, se tomaron en cuenta los detalles de diseño con los que actualmente cuenta con la interfaz la intranet de la DCCD.

Etapa 4: Implementación del sistema

En esta etapa el trabajo consistió en agregar funcionalidades al sistema DSpace, utilizando las siguientes tecnologías (Java Server Pages (JSP), PostgreSQL, Java y JavaScript (JS)).

Etapa 5: Evaluación del sistema.

En la etapa de evaluación del sistema se realizaron una serie de pruebas para observar el correcto

funcionamiento del prototipo. Asimismo, se pretende en esta etapa instalar el sistema en el servidor de la UAM-C para que los profesores de la DCCD lo utilicen y realicen comentarios acerca de su funcionamiento a partir de la propia interfaz de la intranet.

Etapa 6: Documentación

En la última etapa, se realizó la documentación del sistema especificando funcionalidades. Ésta servirá como base para futuras extensiones del sistema.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El diseño de la interfaz del repositorio de proyectos terminales se desarrolló de tal manera que para los usuarios finales fuera agradable y atractivo.

El diseño se realizó utilizando HTML5 y CSS3. Los colores utilizados para el diseño el repositorio se basan en los colores de la UAM-C.

Asimismo, la distribución de la información corresponde a elementos similares contenidos en el portal de la intranet. La distribución de elementos del repositorio se manejó de la siguiente manera:

- Cabecera

La cabecera del portal cuenta con el logotipo de la UAM-C, título del repositorio, un link para el regreso a la Intranet y un espacio de búsqueda simple o avanzada.

REPOSITORIO DE PROYECTOS TERMINALES

Universidad Autónoma Metropolitana >
Proyectos terminales recientes

No. proyecto	Fecha de Publicación	Título	Autor	Colección	Resumen	Archivo Completo
1	2012-07-09	cambio climático	Sánchez, Daniel; Silva, Rosa María; Romero, César;	Licenciatura en Ciencias de la Comunicación	Ver	Ver
2	2012-07-03	video de prueba 2	López Félix, Yanet	Licenciatura en Tecnologías y Sistemas de Información	Ver	Ver
3	2012-07-01	video de prueba	López Félix, Yanet	Licenciatura en Tecnologías y Sistemas de Información	Ver	Ver
4	2012-06-26	Ubicarte	Pérez Hernández, Alberto	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
5	2012-06-26	El mesón Cuauhxi	Flores Ayala, Ana Gabriela; Romero de la Rosa, Monserrat; Sánchez Bautista, Berenice;	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
6	2012-06-26	Mudecu: Museo de Cuajimalpa	Flores Ayala, Ana Gabriela	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
7	2012-06-26	La imagen urbana de Cuajimalpa	Santos Covarrubias, David Eduardo	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
8	2012-06-26	Mi mercado cuajimalpa "Nuevas experiencias de compra en el mercado"	Campaña Rojas, José María	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
9	2012-06-26	Mi mercado cuajimalpa	García Rojas, Victoria	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver
10	2012-06-26	Programa de vacaciones	Joya Manjarez, María Fernanda	Licenciatura en Diseño	Ver	Ver

Software DSpace Copyright © 2012-2020
 División de Ciencias de la Comunicación y Diseño Av. Constituyentes 1000 4to. Piso y 1054 Col. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco | Unidad Lerma | Unidad Iztapalapa
 Unidad Xochimilco

Figura 1. Página de inicio del repositorio.

- **Cuerpo**

El cuerpo del portal se encuentra dividido en 2 partes: el menú y el contenedor. En el menú se encuentran las opciones posibles para moverse dentro del repositorio y en el contenedor se muestra todo el contenido disponible del menú, en la página de inicio se muestra una lista de los últimos 10 proyectos incorporados al portal.

- **Pie**

Finalmente en el pie se encuentra información general acerca del repositorio y el software utilizado. (Véase Figura 1).

Después de terminar con el diseño del portal se comenzó con la implementación del sistema utilizando DSpace que contiene módulos que permiten la construcción de un sistema completo de almacenamiento de tesis digitales como lo son: login, registro, altas bajas y cambios de usuarios, ingreso de documentos con las características requeridas de un proyecto terminal, búsqueda simple y avanzada, creación de colecciones y comunidades. Sin embargo, los módulos de búsqueda (simple y avanzada), el login, el manejo de sesiones de usuarios y el registro de usuarios no funcionan correctamente debido a que:

- Las búsquedas no manejaban los mismos criterios que nosotros esperábamos y no funcionaban con caracteres especiales.
- No permitía que un usuario se registrara a través de la interfaz.
- No permitía que un usuario que no es administrador ingresara al sistema.

Es así como, además de modificar ciertos módulos, también se cambió la apariencia de la interfaz para que fuera agradable al usuario. Asimismo se implementaron los módulos de registro de usuarios y la búsqueda simple que muestra los proyectos recientes en la página inicial, a partir del resumen o el contenido completo y finalmente se agregó un nuevo esquema de metadatos.

Una vez que todos estos módulos fueron implementados y el sistema estaba completo se comenzó con la definición de los metadatos que se utilizarían para el manejo del contenido de la información de los proyectos terminales. A partir de una investigación en otros repositorios institucionales, se definieron 10 metadatos que se utilizaron como campos para una búsqueda simple y avanzada, dentro del portal. (Véase Figura 2).

Una vez definidos los metadatos se establecieron los estatutos para proteger los derechos de autor de los proyectos terminales que son una parte muy importante para tomar en cuenta antes de la publicación. Para ello se decidió utilizar la licencia de Creative Commons [7] que es aquella que ayuda a conservar los derechos autorales invitando a usar la obra bajo el esquema de “*algunos derechos reservados*”.

Una vez fijado estos puntos se procedió a indexar al portal un total de 30 proyectos terminales recolectados en las diferentes licenciaturas.

The screenshot shows the website interface for 'REPOSITORIO DE PROYECTOS TERMINALES' at Universidad Autónoma Metropolitana. It features a search bar with the text 'Comunicación' and a 'Buscar' button. Below the search bar, there are navigation menus for 'Inicio' and 'Ordenar por' (Colecciones, Fecha Publicación, Autor, Título, Materia). The main content area displays 'Resultados búsqueda' with a table of search results. The table has columns for 'No. proyecto', 'Fecha de Publicación', 'Título', 'Autor', 'Colección', 'Resumen', and 'Archivo Completo'. There are four rows of results, each with a 'Ver' link in the 'Resumen' and 'Archivo Completo' columns.

No. proyecto	Fecha de Publicación	Título	Autor	Colección	Resumen	Archivo Completo
1	2012-06-26	El profesional de la comunicación de la ciencia como consultor en la relación ciencia-sociedad	Castro López, María Fernanda; García Ramírez, Jaziel Alejandro;	Licenciatura en Ciencias de la Comunicación	Ver	Ver
2	2012-06-26	Internet necesario. Usos políticos de las nuevas redes sociales en México	Domínguez González, Karla	Licenciatura en Ciencias de la Comunicación	Ver	Ver
3	2012-07-09	cambio climático	Sánchez, Daniel; Silva, Rosa María; Romero, César;	Licenciatura en Ciencias de la Comunicación	Ver	Ver
4	2012-06-26	El estado mexicano en la prensa escrita: México ¿un estado fallido? una mirada al periódico el universal	Rodríguez Cruz, Luis Felipe	Licenciatura en Ciencias de la Comunicación	Ver	Ver

Figura 2. Búsqueda simple

4. EVALUACIÓN

Al inicio del proyecto se realizó una encuesta a los profesores de la DCCD (posibles futuros usuarios) para recaudar información acerca de las técnicas que se manejan para el desarrollo de un proyecto terminal y saber cuáles son los productos que los alumnos entregan al finalizar su licenciatura. Con ello, se logró definir una estructura homogénea para su indexación al portal.

Una vez que el proyecto se encuentre instalado en la Intranet de la DCCD, trabajo que resta por hacer, se pretende que los profesores funjan como los usuarios del sistema y que lo utilicen de manera que realicen comentarios acerca de su funcionamiento. A partir de estos comentarios se pretenden llevar a cabo los cambios que sean necesarios al sistema. (Véase Figura 3).

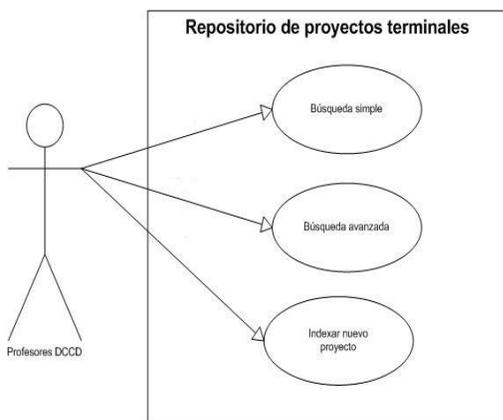


Figura 3. Caso de uso del profesor de la DCCD que muestra con qué módulos tendrá interacción durante las pruebas.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los repositorios institucionales constituyen una de las estrategias fundamentales para lograr el acceso abierto a la información contenida en los proyectos terminales (tesis) generados por los alumnos.

La disposición de las tesis en el repositorio pretende garantizar la difusión de la investigación que los alumnos llevan a cabo para dar solución a un problema que atañe a las personas en la vida diaria, así como dar una mayor visibilidad a los proyectos terminales y su preservación a largo plazo. El nuevo portal presentado en este artículo permitirá a personas externas a la comunidad escolar visualizar y extraer materiales de diversa índole como lo son: los archivos de texto, videos, imágenes y audio, generados por alumnos de las 3 licenciaturas pertenecientes a la

DCCD y con ello dar fe y certeza de la calidad de aprendizaje que obtienen los alumnos durante su formación universitaria.

Como trabajo a futuro se contempla instalar el sistema DSpace en el servidor de la Intranet de la DCCD, para después realizar una conexión con la misma y que los usuarios que accedan a ella no tengan necesidad de loguearse nuevamente al ingresar al repositorio. De esta manera, el acceso a DSpace desde la Intranet será transparente al usuario. La evaluación del sistema por parte de los usuarios está también contemplada.

Finalmente, los proyectos terminales almacenados en el DSpace servirán como un escaparate de lo que se hace en materia de investigación, a nivel licenciatura, en nuestra Universidad.

REFERENCIAS

1. Ordoñez Ibarra Ema. (2003). "Las tesis digitales en la biblioteca central de la UNAM." pp. 109-115. [Consultado el 26 de Mayo 2012].
2. NDLTD. Networked Digital Library of Theses and Dissertations. Disponible en: <http://www.ndltd.org/> [Consultado: 26 de Mayo de 2012].
3. Macoll John. "Electronic Theses and Dissertations a strategy for the UK". Ariadne, June-July, 2002. [Artículo consultado el 03 de Junio 2012].
4. Proyecto tesis y disertaciones electrónicas Portal Institucional: Proyecto Piloto de tesis electrónicas Biblioteca. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales informe 2004. Artículo consultado el 02 de Julio de 2012].
5. Sánchez Alfredo. "Bibliotecas Digitales en la UDLA". 10 de Julio de 2004. Vol. 5, No.6 ISSN: 1607-6079. Pp. 1-15 [Revista UNAM consultada el 02 de Junio 2012].
6. Goutam Biswas and Dibyendu Paul. "An evaluative study on the open source digital library softwares for institutional repository: Special reference to Dspace and greenstone digital library". International Journal of Library and Information Science Vol. 2(1) pp. 001-010, February, 2010. Disponible en: <http://www.academicjournals.org/ijlis> ©2010 Academic Journals [Consultado: 30 de Mayo del 2012].
7. <http://creativecommons.org/> [Consultado: 27 de Mayo de 2012].

Visualizing and browsing document collections using self-organized maps

**Ernesto
Gutiérrez**

Universidad de las
Américas Puebla
ernesto.gutierrezc
a@udlap.mx

**J. Alfredo
Sánchez**

Universidad de las
Américas Puebla
alfredo.sanchez@
udlap.mx

Antonio Razo

Universidad de las
Américas Puebla
antonio.razo@udl
ap.mx

Nilda Galán

Universidad de las
Américas Puebla
nilda.galanhz@ud
lap.mx

Ofelia Cervantes

Universidad de las
Américas Puebla
ofelia.cervantes@
udlap.mx

ABSTRACT

We introduce an application of self-organized maps (SOM) for information visualization to help users navigate throughout documents in a network of institutional repositories. The principal idea behind the use of self-organized maps is that they provide an overview of the collection and classify documents into clusters with similar contents, which could help the users in information seeking and knowledge discovery tasks. Based on this notion, we propose an interface for interactive browsing and intuitive exploration.

Author Keywords

SOM, SOM visualization, information visualization, information retrieval, collaboration networks.

ACM Classification Keywords

H. Information Systems; H.5 Information Interfaces and Presentation - H.5.2 User Interfaces - *Interaction styles*

INTRODUCTION

Information seeking is often a tedious, imprecise and fuzzy process. When users try to retrieve specific information, they usually need a good knowledge of the domain to which the information belongs, or at least have a good idea of the overall content of the collection being examined. A SOM-based visualization could help users in this process by giving them an overview of the collections and organizing documents so that similar documents appear in adjacent locations.

Self-organizing Maps

A self-organized map (SOM), or Kohonen map, is a neural network that competes by means of mutual lateral interaction [4]. A SOM consist of neurons organized in a low-dimensional grid (typically two dimensions). Each neuron is represented by an n -dimensional weight vector (a.k.a. prototype vector, codebook vector). The main difference between a self-organized network and a conventional one is that correct output cannot be defined *a priori*, therefore a SOM utilizes an unsupervised learning algorithm. A SOM consist of two neuron layers the input layer (input vector) and the output layer (lattice).

The algorithm used in a SOM classifies entities in collections (thesis, papers, etc.) by using their characteristics (input vector for each document), and updates a map (lattice of neurons) so that each neuron represents a set of similar documents based on their characteristics.

SOM-based visualization advantages

The advantages of a SOM-based visualization are:

- It can be used to display an overview of the complete collection [2].
- It helps users in information seeking processes by providing items that are related to their interests around a single display area.
- It classifies contents into clusters that could be used for further analysis in data mining (i.e. disjoint classes could represent sets of multidisciplinary documents)

METHODOLOGY

Our main goal is to take advantage of the notion of SOM to present an interactive and intuitive visualization of the collections held by REMERI. In order to do that in an intelligible fashion, we need to first construct an ontology that describes the possible classification of the contents and provides a basis for semantically grouping documents.

The REMERI collections

REMERI is an acronym for the Mexican Network of Institutional Repositories, the main goal of which is to give visibility to scientific work conducted at Mexican universities, the documentary heritage they hold, and the educational resources they have developed. For interoperability purposes, the network of repositories implements the Open Archive Initiative's Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH), and uses Dublin Core as a standard for sharing metadata.

Construction of the visualization

Once we harvest the data from REMERI collections, the process of constructing a visualization scheme consists of three major stages, described next:

1. Preprocessing and document encoding

This phase is crucial for the proper classification of the algorithm, since the information contained in the input vector will be used for grouping items. We plan to use the dynamic ontology presented in OntoStarFish [3] to construct the input vector as well as information provided by the Dublin Core attributes {title, subject, description, coverage, creator, contributor}.

A first step consists of word stemming of the attributes obtained from the Dublin Core metadata, then use a stopwords list to prevent meaningless words from being coded into the vectors. Using the ontology proposed and a set of representative words, we construct the input vectors.

2. Construction of the self-organized map

Once the documents are encoded in the input vectors, we apply the unsupervised learning algorithm for self-organized maps to all documents in the collections to construct a lattice of neurons.

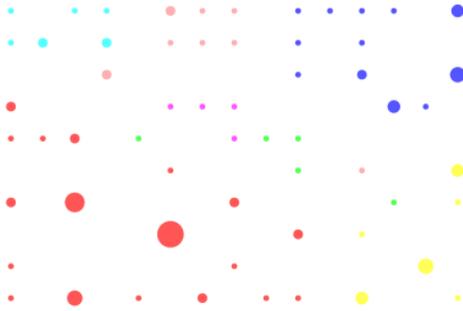


Figure 1. Lattice of neurons grouped by class

In Figure 1, we can observe each neuron represents as a circle, the size of which indicates the number of documents mapped in each neuron, whereas color indicates its class. We repeat the process to create sub-maps according to the hierarchical classification of the ontology.

3. Construction of the SOM-based visualization

We propose an interface for interactive browsing and intuitive exploration. For that purpose, we have designed an interface that implements the visualization of class distribution on self-organizing maps by Rudolf Mayer et al [5], and a hierarchical navigation through a series of thematic class maps.

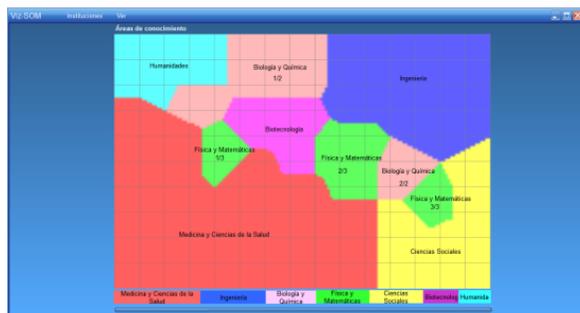


Figure 2. SOM-based visualization of thematic classes

In Figure 2, we can observe in the center of the interface the thematic class map. In this case we show the upper level of the hierarchical classification of maps.

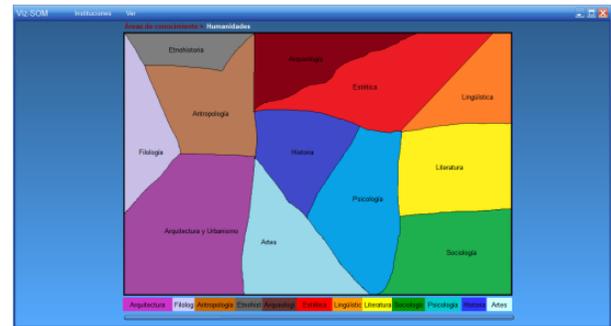


Figure 3. Thematic class map of subtopics

Figure 3 shows the result of navigating to a specific subject that displays subtopics related to the main topic.

ONGOING WORK

An improved SOM algorithm like hierarchical growing SOM can be constructed. There are novel encoding techniques for a better semantic classification through WordNet ontologies [1].

We have conducted usability studies to evaluate the user experience with low fidelity prototypes that rely on actual REMERI documents from at least four institutions. The design of our interface is based on those studies, in which we have included diverse elements, such as timeline sliders, a viewing menu, and various filters and labels. We currently are working on software architecture and plan to incorporate the D3JS libraries to give interactivity to the visualization.

REFERENCES

1. Gharibl, T., Fouad, M., and Aref, M. (2008). Web Document Clustering Approach using WordNet Lexical Categories and Fuzzy Clustering. DMAI, 48-55.
2. Honkela, T., Kaski, S., Lagus, K., and Kohonen, T. (1997). WEBSOM---self-organizing maps of document collections. In *Proceedings of WSOM97 Workshop on SelfOrganizing Maps Espoo Finland June 46* (Helsinki University of Technology, Neural Networks Research Centre), pp. 310-315. Available at: <http://citeseer.nj.nec.com/honkela97websom.html>.
3. J. Alfredo Sánchez, Ofelia Cervantes, Alfredo Ramos, María Auxilio Medina, Juan Carlos Lavariega, and Eric Balam. 2011. Visualizing collaboration networks implicit in digital libraries using OntoStarFish. In *Proceedings of the 11th annual international ACM/IEEE joint conference on Digital libraries (JCDL '11)*. ACM, New York, NY, USA, 213-222. DOI=10.1145/1998076.1998117 <http://doi.acm.org/10.1145/1998076.1998117>
4. Kohonen, T. (1990). The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE* 78, 1464-1480. Available at:

http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=58325.

5. Rudolf Mayer, Taha Abdel Aziz, and Andreas Rauber. 2007. Visualising class distribution on self-organising maps. In *Proceedings of the 17th international*

conference on Artificial neural networks (ICANN'07), Joaquim Marques de Sá, Luís A. Alexandre, Wlodzislaw Duch, and Danilo Mandic (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 359-368.

StarGroups: Visualization and navigation of large document collections

Nilda Galán Hernández, J. Alfredo Sánchez, Antonio Razo, Ernesto Gutiérrez Corona, Ofelia Cervantes

Laboratory of Interactive and Cooperative Technologies
Universidad de las Américas Puebla
Cholula, Puebla, México

{nilda.galanhz, alfredo.sanchez, antonio.razo, ernesto.gutierrezca, ofelia.cervantes}@udlap.mx

ABSTRACT

A visualization scheme is proposed where we modify the notion of *starfield* by adding groups, search filters and exploration menus. Our key addition, groups, allow users to visualize semantically related items in spatially contiguous areas, which can be further refined or combined at the user's request. We are in the process of assessing the potential of this approach.

Author Keywords

Information visualization; exploratory search; user interface; starfields.

ACM Classification Keywords

H.3.7 Digital Libraries: Collection. H.5.3 Group and Organization Interfaces: Web-based interaction.

General Terms

Design; Human Factor.

INTRODUCTION

Searching and browsing on large collections of information has become an interesting research but also a complex area. This is because the big problem is to show as much interesting data as possible to the user, while avoiding saturation of elements, giving the essential but always leaving room to explore within the data. The initial target of our visualization scheme, which we have called StarGroups, is to display information for the Mexican Network of Institutional Repositories (REMERIC), which aims to integrate a federated network of open access repositories of higher education institutions (HEI) in Mexico, so as to give visibility to their scientific and academic publications. For interoperability, this project has adopted the metadata attributes established by DublinCore (DC).

One of the basic elements that were considered for this project is the existence of two major types of users: searchers, those who make a request to the system (search for some specific elements), and browsers, those who prefer to explore a catalog of documents [3]. Because of this, it has been decided to explore on the field of information visualization with an integrated search engine, since these

elements are highly accepted by users. We have, for example, the successful cases of search engines such as Google, the one used on Amazon, among others. Bearing this in mind, we decided to integrate also filters and menus to simplify the particular and general search of publications, taking the idea of some audiomaps [3], as TuneGlue; or software as Gephie [2].

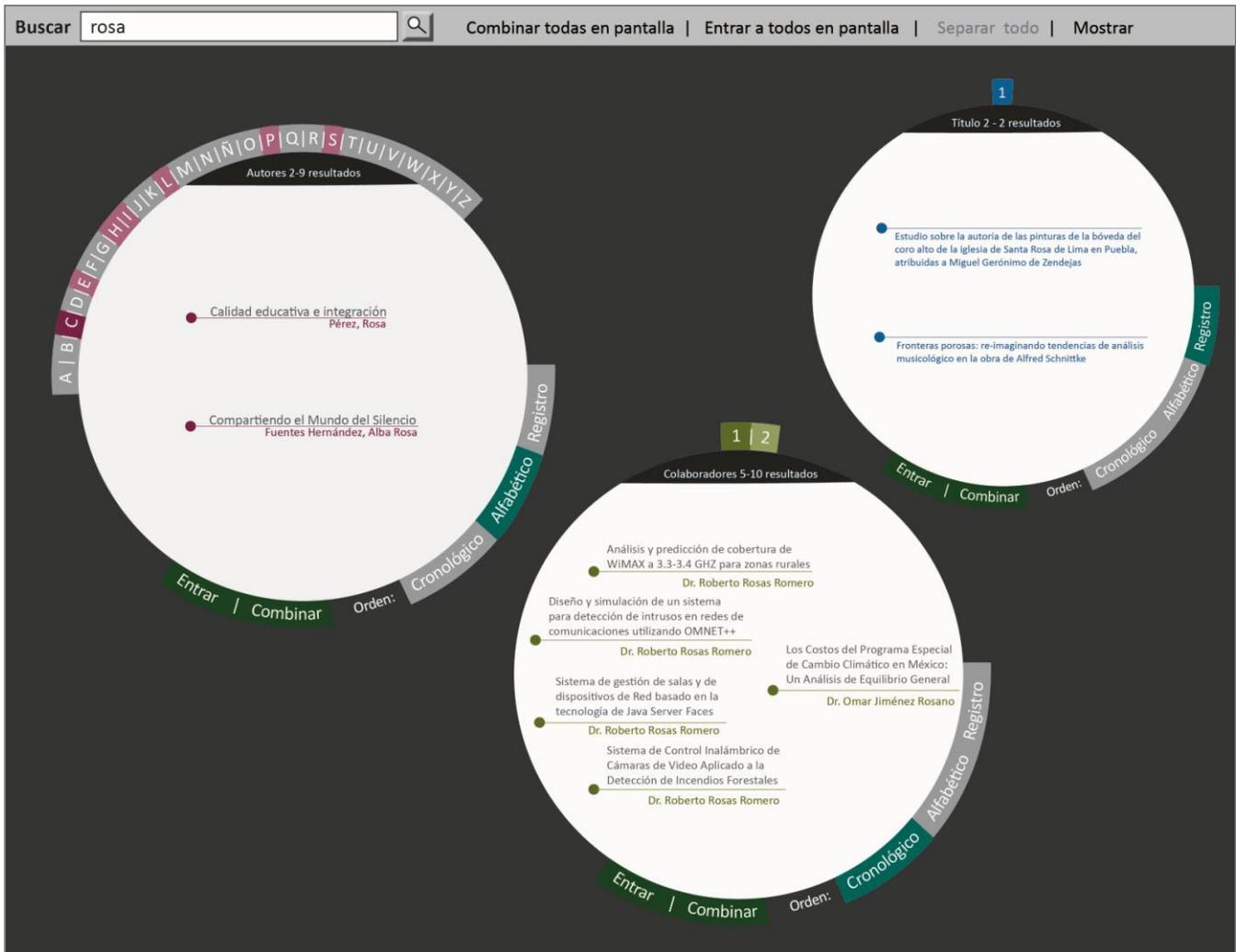
StarGroups: HOME AND SEARCH

In StarGroups, the first thing the user can see on the screen is a starfield [1] with recently added publications. From this point, it is possible to begin exploration or else, use the search engine located in the upper left part by typing the desired keywords.

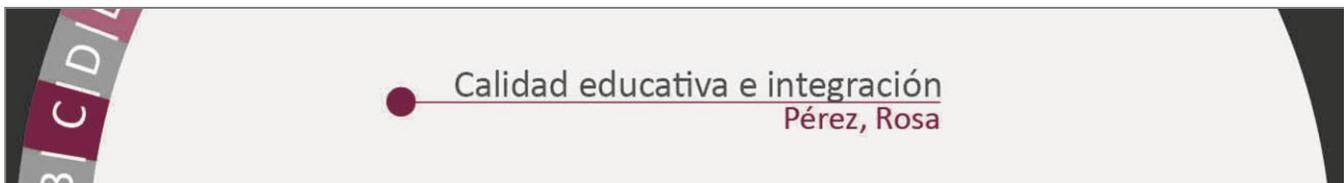
As a starting point, consider the user has entered a word in the search field. Since this word can be found in the different attributes set for this project, it will be taken into account only if it appears in the following DC fields: title, author, topic, publisher, collaborators and coverage.

When the system finds the word in the above fields, the results will be grouped into circles according to the areas in which the word was found. Figure 1a shows the results from the word "rosa". This has been found in the author, collaborators and title fields. In Figure 1a those three groups (circles) are shown on the screen from left to right respectively. It should be noted that each field has a characteristic color for future use: *title*-blue or dark gray, *author*-pink, *topic*-purple, *editor*-orange and *collaborators*-green.

Within these groups there will be dots representing publications, next to the name of the work in dark gray and, below it, the element that matches the user search term in the characteristic color of the circle (described above). Continuing with the example of the word "rosa", Figure 1b, shows a hit of the search over the author's name field. So, the publication called "Quality education and integration" is in dark gray and, below this in pink, the author "Perez, Rosa" that is the one with the word "rosa", the word entered in the search.



a. The complete interface view.



b. "Quality education and integration" in dark gray and, below this in pink, the author "Perez, Rosa".

Figure 1. Publications derived from the word "rosa" and results grouped by author, title and collaborators.

Two points to consider: a publication can exist in one or more groups; and the circle referring to "Title" only has green elements because it is the name of the document that matches with the searched word.

StarGroups: ACTIONS ON GROUPS

In the interface just described (see Figure 1a), the user will also have access to an options menu located at the top of the screen and around each group (circle). These are:

Combine: Content from a group (circle) may be put together with another. There is another menu (*Combine all on display*) that mixes all the groups that are on the screen.

Zoom in: Enters into a cluster group to take further action on its publications.

Show: Filter that helps to choose which groups (circles) are displayed on screen.

Buscar Orden: **Cronológico** | Alfabético | Registro Regresar

Mostrar información

Autor
 Tema
 Editor
 Colaboradores

Filtrar por

Autor | Tema | Editor | Colaboradores

Ismael Simental, María Emilia
 Pérez Dib, Jimena

Filtro de tiempo

Año Entre: y

Mes Entre: y

Día Entre: y

Indicadores de color

Título
 Autor
 Tema
 Editor
 Colaboradores

Páginas **1**

Estudio sobre la autoría de las pinturas de la bóveda del coro alto de la iglesia de Santa Rosa de Lima en Puebla, atribuidas a Miguel Gerónimo de Zendejas
 Pérez Dib, Jimena
 Historia del Arte

Fronteras porosas: re-imaginando tendencias de análisis musicológico en la obra de Alfred Schnittke
 Ismael Simental, María
 Creación y Teorías de la Cultura

Figure 2. Interface that appears to click "Zoom in" to a circle.

Order by: This order is independent for each group (circle). The pages are displayed by tabs around the circle. The publications in each group can be ordered: *In alphabetical order:* A menu that goes from A to Z to display publications starting with the letter selected (Figure 1a - left circle). *In chronological order:* Publications are sorted according to date (Figure 1a - bottom center circle). *In alphabetical order:* A menu that goes from A to Z to display publications starting with the letter selected (Figure 1a -left circle). *By capture date:* Publications are ordered according to how they are registered in the database.

INTERNAL INTERFACE

Once in a group, the user has the opportunity to choose what appears next to each publication, i.e. the author's name, topic, editor and collaborators. Figure 2 shows these menus on the left side, in the part that reads "Show". Below this, there are filters divided into tabs according to the managed fields up to that point. In this case, for example, the author tab will list all authors of all publications

displayed on screen. Each name will have a box on the left side to display the publications related to this author (checkmark in the box) or not (empty box). All tabs work in the same way.

Another filter is the time, which is used to display the documents that were published in a certain time interval. This interval may be expressed in years, months and days. A menu option that still prevails, even now at the top, is to sort alphabetically, chronologically and by record. Another is the page number, but now is located at the bottom of the screen. Finally, there is a window that indicates the meaning of colors described above and a back button to return to the screen before the current view.

INTERFACE: ACTIONS ON PUBLICATIONS

In order to allow for exploration through publications, we have created a small menu that appears when clicking on one of them. This has the options:

View: Displays a table of all the details of the publication. The user has an option to request the reference of the publication in a given format as bib text, plain text, etc.

Expand: Shows closely related publications.

Reduce: Eliminates all publications that relate closely to a publication that appeared when selecting the *Expand* menu.

Delete: Deletes the publication.

ONGOING WORK

We are conducting usability studies and evaluating the user experience with low and high fidelity prototypes that rely on actual REMERI documents from at least four institutions. This will provide further support for assessing the potential of our approach and will inform the design of interface details.

REFERENCES

1. Ahlberg, C. and Shneiderman, B. 1999. Visual information seeking: tight coupling of dynamic query filters with starfield displays. *In Readings in information Visualization: Using Vision To Think*, S. K. Card, J. D. Mackinlay, and B. Shneiderman, Eds. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 244-250
2. Bastian M., Heymann S., Jacomy M. (2009). "Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks." *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*.
3. G. K. Koduri, A. Gali, and B. Indurkha, "REM: a ray exploration model that caters to the search needs of multi-attribute data," in *Proceedings of the 2010 ACM workshop on Social, adaptive and personalized multimedia interaction and access*, New York, NY, USA, 2010, pp. 49–54.

Patrones de interacción y su aplicación a la administración de la privacidad en Internet

Murillo, S. R.,
Universidad Popular Autónoma del Estado
de Puebla
Facultad de Tecnologías de Información
sandrarcio.murillo@upaep.mx

Sánchez, J. A.
Universidad de las Américas Puebla
j.alfredo.sanchez@gmail.com

RESUMEN

A pesar de los esfuerzos tecnológicos que se han implementado para que los usuarios de Internet puedan navegar manteniendo el control de la privacidad de su información, los resultados no son los esperados. La poca cultura de seguridad informática y la inconsistencia de interfaces preventivas o correctivas entre las aplicaciones más comunes crean confusión en las personas y genera incertidumbre sobre el uso de su información por terceros. Algunos investigadores han sugerido la aplicación de estilos de aprendizaje para generar interfaces que faciliten la ergonomía cognitiva de los usuarios. Este proyecto explora la viabilidad de facilitar la administración de la privacidad de la información de usuarios en Internet basándose en un conjunto de patrones de interacción para la construcción de interfaces sustentados en perfiles de aprendizaje.

TÉRMINOS GENERALES

Factores Humanos, Seguridad.

INTRODUCCION

El concepto del control individual de la información personal constituye uno de los tópicos centrales de la privacidad [7]. En ocasiones los usuarios involucran información sensible sin tener conciencia de ello al navegar en Internet. Ante los diversos problemas que han surgido como el robo de identidad, fraudes y extorsiones, entre otros, organismos de reconocimiento internacional han propuesto mecanismos para que los desarrolladores de software incluyan opciones que fortalezcan la privacidad de la información del usuario. El software desarrollado bajo estrictas metodologías para cubrir con los requerimientos de seguridad de la información del usuario va en aumento. En la parte técnica ha sido posible detectar las áreas de oportunidad y ofrecer soluciones [3]. Sin embargo, el bajo índice de cultura de seguridad

informática [1], así como diseños poco adecuados, hacen que el usuario promedio no aproveche las soluciones ofrecidas en interfaces con las que interactúa [4].

Muchos de estos sistemas ofrecen opciones de manejo de privacidad en un lenguaje técnico o legal poco claro para un usuario. Algunas personas, por curiosidad o necesidad, invierten tiempo en comprender los conceptos para fortalecer sus medidas de prevención o solución de un problema de este tipo. Sin embargo, cada software maneja los términos y simbología de forma distinta, lo que causa frustración y rechazo ante estos temas. En un trabajo publicado en 2011 [6] se sugiere que hacer explícitos los riesgos de privacidad en una aplicación Web puede ayudar a los usuarios a tomar mejores decisiones con respecto a este tema. Esto, sin embargo, para cierto tipo de usuarios podría desalentar el uso de dichas aplicaciones pues tienen un diseño estático

A la luz de la neurofisiología y psicología, se han propuesto modelos de rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores de cómo las personas perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje [2,10]. Se les denomina estilos de aprendizaje y han contribuido al proceso educativo en los últimos años [7]. Algunos proyectos de investigación han sugerido su aplicación para generar interfaces que faciliten la ergonomía cognitiva de los usuarios [9,11]. Hasta el momento no existe evidencia de la aplicación de estilos de aprendizaje para la construcción de interfaces que faciliten el manejo de la privacidad de la información de los usuarios de Internet.

EL PROBLEMA

El número de usuarios de internet a nivel nacional va en aumento y se espera que esta tendencia continúe. En un estudio reciente con usuarios de Internet mayores de edad, se observa que a nivel nacional el 13% de los internautas mayores de

edad consideran que es responsabilidad de los titulares de la información el debido tratamiento de los datos personales. El 31% no pudieron definir lo que es un dato personal. Sólo el 11% de los evaluados no saben que el Derecho a la privacidad es un Derecho Constitucional. El 19% leen siempre el aviso de privacidad de un sitio, y de esta población al 62% les toma más de 4 minutos leerlas. El 61% de los internautas no saben qué tratamiento le darán a sus datos personales en las redes sociales en las que se encuentran inscritos [1]

Estos datos revelan lo siguiente:

1. El creciente número de usuarios en internet carece de cultura de seguridad informática en el ámbito de la privacidad de datos.
2. Los usuarios disponen de interfaces que facilitan su interacción con Internet, pero no incluyen mecanismos intrínsecos de alertas sobre riesgos relativos a la privacidad de datos.
3. Los internautas mayores de edad desconocen o no aplican medidas de seguridad en el tema

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo consiste en generar un conjunto de patrones de interacción sustentado en estilos de aprendizaje para la construcción de interfaces humano-computadora que mejoren la administración de la privacidad de los usuarios en Internet.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecer una relación entre la administración de la privacidad de los usuarios de Internet y estilos de aprendizaje de los usuarios
2. Crear un conjunto de patrones para el diseño de interfaces específico a cada estilo de aprendizaje
3. Definir los tópicos emergentes de privacidad de información en la Web para una población determinada.
4. Aplicar el conjunto de patrones a interfaces de usuario para navegación en la Web en un grupo de prueba.
5. Hacer disponibles públicamente los patrones de interacción junto con recomendaciones para su uso y aplicación a la administración de la privacidad.

SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

Se está realizando un estudio estadístico con usuarios cotidianos de Internet seleccionados al azar para identificar la relación actual de factores (técnicos y humanos) involucrados en el uso de Internet y la privacidad de su información (ver Tabla 1 y Tabla 2)

Que el usuario pueda definir:
<ul style="list-style-type: none"> • Dato personal • Niveles de Seguridad • Sellos de confianza • Consecuencias de compartir datos personales • Tipos de navegador • Dispositivos de acceso

Tabla 1. Factores técnicos involucrados en el uso de Internet y la privacidad de información

Preferencias de los usuarios respecto a:
<ul style="list-style-type: none"> • Idioma • Imágenes • Textos • Audios • Opinión de amigos/familiares • Estilo de aprendizaje • Personalización de interfaces • Capacitación • Responsabilidad de los actores

Tabla 2. Factores humanos involucrados en el uso de Internet y la privacidad de información

Se está aplicando una encuesta de siete puntos en Escala Likert donde los usuarios pueden expresar su experiencia actual sobre su interacción con Internet y la privacidad de su información. Se espera validar este instrumento mediante un Alpha de Cronbach [8] para su análisis estadístico.

RESULTADOS ESPERADOS

Este proyecto se presenta como proyecto de tesis de Sandra Rocío Murillo Cano para obtener el grado en el Doctorado en Tecnologías de Información y Análisis de Decisiones en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, siendo el asesor del proyecto el Dr. Alfredo Sánchez Huitrón.

A la fecha dos alumnos de la Facultad de Tecnologías de Información de la carrera de Ingeniería en Computación y Sistemas (UPAEP) están realizando sus respectivas tesis en la

implementación de soluciones de privacidad de información. Se espera culminen para Agosto 2013.

Al finalizar este proyecto se espera contar con un conjunto de patrones para el diseño de interfaces basado en perfiles de aprendizaje.

Se pretende construir y probar un prototipo para medir la interacción de los usuarios de Internet con interfaces creadas de acuerdo a su perfil de aprendizaje y reportar los resultados obtenidos en el manejo de la privacidad de información.

REFERENCIAS

- [1] Asociación Mexicana de Internet AMIPCI. Estudio de Protección de Datos personales entre usuarios y empresas.
<http://www.amipci.org.mx/?P=editomulti&mediafile&Multimedia=95&Type=1>
- [2] CHAEA. Cuestionario Honey Alonso de Estilos de aprendizaje.
<http://www.estilosdeaprendizaje.es>
- [3] Lorrie Cranor, M. L.-M. (*The Platform for Privacy Preferences 1.0 (P3P1.0) Specification*).
<http://www.w3.org/TR/P3P/>
- [4] Garfinkel, L. F. (*Security and Usability. Designing Secure Systems That People Can Use*. O'Reilly (2005)
- [5] Hannaford, C. *Cómo aprende tu cerebro*. PAX. (2011)
- [6] Jennifer King, A. L. *Privacy: Is there an app for that? Symposium On Usable Privacy and Security. SOUP 2011*. (2011).
- [7] Lindskog, H. *Web Site Privacy with P3P*. Wiley (2003)
- [8] Malhortra, Naresh K. *Investigación de Mercados*. Pearson Prentice Hall. 5ª. Edición. (2008)
- [9] Perla Velasco-Santos, A. L.-C.-T. *Diseño de agentes pedagógicos a partir de los estilos de aprendizaje; una perspectiva a través del color. Memorias del IV congreso mundial de estilos de aprendizaje*. ISBN 978-607-7533-66-5. (2010)
- [10] Secretaría de Educación Pública. *Manual de estilos de aprendizaje*. http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion_academica/actividadesparaescolares/multimedia/Manual.pdf
- [11] Velez Oswaldo, Solano Darling, Zúñiga Lina, Argüello Mery, Aguado Jorge, Aldana José, Pabel López, Alarcón Edgar . *Los estilos cognitivos y el aprendizaje maquinal den el diseño de interfaces inteligentes adaptativas*. Universidad del Sinú. Centro de Investigaciones y Desarrollo. (2005)

Experiencia de usuario óptima en sistemas digitales con interacción corporal especializados en rehabilitación

Ricardo Cruz Mendoza

Graduate Science and
Engineering Computing
(UNAM)

Ciudad de México, México
rcruz@ciencias.unam.mx

Pablo Romero

IIMAS, Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM)
Ciudad de México, México
pablror@unam.mx

Luis A. Pineda

IIMAS, Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM)
Ciudad de México, México
luis@leibniz.iimas.unam.mx

RESUMEN

La enfermedad vascular cerebral (EVC) figura como la quinta causa de muerte en México y con tendencias a subir en la mortalidad en el mismo. Se estima que entre un 50% - 70% de los individuos que sobreviven a un EVC tienen algún impedimento en sus extremidades superiores y por lo tanto necesitarán de terapia de rehabilitación. Es por este motivo que ha surgido una necesidad de identificar las mejores estrategias para la recuperación de la función motora en las extremidades superiores. Una de las más prometedoras es el uso de sistemas digitales con interacción corporal que sean capaces de mantener motivado e interesado al paciente en la terapia de rehabilitación. En este sentido, una de las teorías que se puede aplicar a este fin es la teoría de la Experiencia Óptima o Flujo; la cual se caracteriza por una participación que exhibe una concentración profunda en las tareas y permite percibir a estas como intrínsecamente estimulantes (factores importantes en una rehabilitación a largo término). El presente trabajo presenta una propuesta que busca caracterizar estados de flujo en sistemas digitales con interacción corporal, así como las condiciones que lo fomentan, permitiendo la acumulación de conocimiento práctico que permitirá crear sistemas de rehabilitación con una alta calidad de experiencia de usuario de una manera sistemática.

Author Keywords

user experience; movement-based interaction; rehabilitation; flow

ACM Classification Keywords

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

General Terms

Human Factors

INTRODUCCION

La enfermedad vascular cerebral (EVC) es la tercera causa de muerte en países desarrollados, siendo además, la principal causa de discapacidad y la segunda causa de demencia [9]. La secretaria de salud estima que para una población total de casi 100 millones de habitantes en el año

1998, la incidencia de EVC fue de 32.59 por 100,000 habitantes, es decir que debieron ocurrir alrededor de 32,500 casos [2]. En este mismo año la EVC como causa de muerte ocupó la 7^a. Posición entre los hombres y la 4^a entre las mujeres [1]. Debido a esto es que ha surgido la necesidad de identificar las mejores estrategias para la rehabilitación y recuperación de funciones motoras tras un accidente cerebrovascular. Una de las más prometedoras es el uso de diversos sistemas de interacción basada en movimiento especializados en rehabilitación.

ANTECEDENTES

Cuando se habla de sistemas de interacción basada en movimiento se refieren a sistemas que requieren de interacción corporal más allá del uso del teclado y el ratón, en donde la interacción del usuario se da en contextos de la vida real. Un problema asociado con este término es la falta formal de definición del mismo [7] por lo que el término puede ser asociado con: Interfaces de usuario tangibles, interfaces de cómputo ubicuo, interfaces de usuario naturales e inclusive interfaces de realidad virtual. Pero a diferencia de los sistemas de realidad virtual en este tipo de sistemas se puede o no tener cascos u otros dispositivos (o incluso se pueden utilizar otros paradigmas como por ejemplo exoesqueletos), pero en todos el paciente realiza movimientos corporales en menor o mayor medida.

Números estudios se han realizado en sistemas de interacción basada en movimiento especializados en rehabilitación llegando a la conclusión que el uso de estos sistemas puede tener una ventaja o complementar la terapia tradicional llevada a cabo en rehabilitación [5].

Sin embargo la incorporación de otras investigaciones han identificado características clave para mejorar estos sistemas como es el entrenamiento en ambientes novedosos, mejorar la retroalimentación (visual, auditiva y háptica) [10], manejo de depresión y estrés post Stroke [6] y en particular el área que nos interesa explorar es la incorporación del concepto de experiencia de usuario óptima o de flujo [8] en el contexto de rehabilitación utilizando sistemas de interacción basada en movimiento.

El concepto de flujo o experiencia de usuario óptima es una teoría basada en la psicología la cual describe la experiencia

humana de encontrarse totalmente inmerso en un estado de motivación enfocada. Este estado flujo se caracteriza por una participación que exhibe una concentración profunda en tareas y que permite percibir estas como intrínsecamente estimulantes, las cuales han sido asociadas con el fomento de experiencias positivas y la promoción del desarrollo de habilidades [8]. Debido a las características del estado de experiencia óptima o de flujo se podrían relacionar distintos elementos de la teoría de flujo con aspectos emocionales presentes en una terapia de rehabilitación; por ejemplo la promoción del desarrollo de habilidades y el fomento de experiencias positivas puede ser un auxiliar en el tratamiento de depresión y estrés post Stroke [6].

El estudio de la experiencia óptima o de flujo en sistemas especializados en rehabilitación supone una revisión de algunos de los aspectos teóricos de este fenómeno, específicamente de las condiciones de su promoción. La principal condición para la aparición de estados de experiencia óptima es que los retos impuestos por la tarea sean proporcionales a las habilidades de la persona (conocida como balance de retos y habilidades). Estos retos y habilidades parecen ser multidimensionales [4] y estar asociados con aspectos emocionales, físicos e intelectuales [3]. Ejemplos concretos mencionados en estos reportes muestran retos multidimensionales integrados por aspectos de resistencia física, de coordinación psicomotora y de memoria cinética, los cuales son aspectos clave en una terapia de rehabilitación.

PROPUESTA DOCTORAL

Nuestra propuesta doctoral se basa en el estudio de la teoría de experiencia de usuario óptima o flujo en sistemas de interacción basada en movimiento especializados en rehabilitación; a través del diseño de dos sistemas de interacción basada en movimiento, uno de realidad virtual y otro basado en el dispositivo MICROSOFT KINECT, ambos sistemas están especializados en terapia de rehabilitación para pacientes con problemas motrices de extremidades superiores causado por un accidente cerebrovascular. Teniendo así la siguiente hipótesis principal:

- El fenómeno de flujo se puede presentar en sistemas de interacción basada en movimiento especializados en rehabilitación.

La cual contiene una hipótesis más:

- El fenómeno de flujo presente en sistemas de realidad virtual no es el mismo fenómeno de flujo presente en sistemas donde la interacción corporal es mayor y no captiva.

RELEVANCIA Y CONTRIBUCION ORIGINAL

La principal contribución es asentar los primeros estudios en el área de interacción humano-computadora, que combinen el estudio de experiencias de usuario positivas en términos de rehabilitación y sistemas con interacción

corporal, sentando así las bases de estudio e investigación en sistemas digitales especializados en rehabilitación, así mismo se crearan avances en aspectos teóricos y prácticos de la experiencia óptima y su adaptación a sistemas de interacción corporal especializados en rehabilitación. Se caracterizaran cuales retos, multidimensionales o unidimensionales son validos en el contexto de sistemas con interacción corporal especializados en rehabilitación y bajo qué condiciones, tienen una mayor probabilidad de promover estados de experiencia óptima de usuario. Finalmente se definirá un marco de trabajo y guías prácticas que permitirán caracterizar estados de flujo en sistemas digitales con interacción corporal, así como las condiciones que lo fomentan, permitiendo la acumulación de conocimiento práctico que permitirá crear sistemas de rehabilitación con una alta calidad de experiencia de usuario de una manera sistemática.

REFERENCIAS

1. Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social. Cuaderno No. 16. INEGI, (2000).
2. Estadísticas Históricas de México. INEGI, (1998).
3. Finneran, C. M., & Zhang, P. Flow in Computer Mediated Environments: Promises and Challenges. *Communications of the Association for Information Systems*, (2005), 15(4), 82–101.
4. G.D.Ellis, Voelkl, J. E., & Morris, C. Measurement and Analysis Issues with Explanation of Variance in Daily Experiences Using the Flow Model. *Journal of Lesuire Research*, (1994), 26(4), 337-356.
5. Henderson, A., Korner-Bitensky, N., & Levin, M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Topics in stroke rehabilitation*, (2007), 14(2), 52-61.
6. Kneebone, I., Baker, J., & O'Malley, H. Screening for depression after stroke: developing protocols for the occupational therapist. *The British Journal of Occupational Therapy*, (2010), 73(2), 71-75. doi:10.4276/030802210X12658062793843.
7. Larssen, A. T., Robertson, T., Loke, L. and Edwards, J. (eds.) *Journal of Personal and Ubiquitous Computing*, Special issue on Movement-based interaction 11, 8 (2007).
8. Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. The concept of flow. In C. R. Snyder & S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89-105), (2002). Oxford, UK: Oxford University Press.
9. Ruiz-Sandoval JL, González-García CK, García-Navarro V, Gutiérrez-Majarrez FA, González-Cornejo S. Enfermedad vascular cerebral isquémica en dos hospitales mexicanos, *Rev Mex Neuroci* (2003), 4(5): 319-323.
10. Winstein CJ, Merians AL, Sullivan KJ. Motor learning after unilateral brain damage. *Neuropsych*. (1999), 37:975–987.

ActivaT: sistema para motivar la actividad física de estudiantes universitarios

Perla Leticia Garcia Ponce
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
pgarcia4@ucol.mx

Irsa Yuliana Valencia Valencia
IHCLab
Facultad de Telemática
Universidad de Colima
irsa_yuliana@ucol.mx

RESUMEN

Hoy en día, existe la necesidad real de contar con tecnología para que la juventud se mantenga activa y en forma, ya que el estilo de vida moderno hace que el sedentarismo sea un problema. Los jóvenes universitarios cambian de hábitos alimenticios y actividades físicas a lo largo de sus estudios, es por eso que la Universidad de Colima, cuenta con actividades deportivas para los alumnos, sin embargo, no todos cumplen con ellas.

Para la realización del prototipo AtivaT se realizó un sondeo general a alumnos de la universidad con el fin de conocer sus gustos y actividades, resultando que el 70% juegan videojuegos y el 75% tiene un nivel de sedentarismo de alto a moderado. A causa de esos y otros resultados, proponemos a ActivaT, un entrenador inteligente que hace uso de videojuegos para fomentar actividades físicas y para promover a estudiantes que acrediten sus programas de deporte. Las pruebas se realizaron con alumnos, con un prototipo cliqueable en línea obteniendo resultados positivos.

Palabras Clave

Ejercicio; Videojuegos; Inteligencia Artificial; Prototipos; diseño centrado usuario; experiencia del usuario; Activación física universitaria.

Clasificación de Palabras Clave

H.5.2 [interfaces de información y presentación de usuario]: Interfaces, dispositivos de entrada y estrategias de diseño centrado en el usuario

Términos Generales

Factores humanos

INTRODUCCIÓN

El estilo de vida de la sociedad moderna se caracteriza por la inactividad y el sedentarismo, el 60% de la población mundial no realiza la actividad necesaria para mantener su cuerpo en condiciones aceptables, según la organización mundial de la salud [1], algunas de las causas es que pasamos mucho tiempo en la computadora o en el escritorio, jugando videojuegos, viendo televisión, hasta caminamos menos debido al uso del automóvil o el transporte público, incluso preferimos usar la tecnología como medio de socialización. Este estilo de vida, puede ser un determinante clave del desarrollo de la obesidad, debido

a la relación entre el balance energético¹ y la actividad física [2].

La Organización mundial de la salud, informa que desde el 2008, aproximadamente 1400 millones de personas mayores de 20 años padecían sobrepeso siendo en su mayoría mujeres, para el 2010 alrededor de 40 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso. Las estadísticas de México no son halagadoras, ya que el 72% de las mujeres adultas y 67% de los hombres sufren sobrepeso u obesidad [3].

Son muchos factores negativos alrededor de la obesidad, pero la tecnología puede ponerse de nuestro lado si queremos empezar a cambiar nuestros hábitos, ya que puede motivar a no poner pretextos para realizar actividades físicas y tener algo de ayuda en el camino.

En el caso de los jóvenes, el comienzo del periodo universitario puede provocar cambios en los hábitos de vida, y, habitualmente, la actividad física queda excluida de dichos hábitos [4] por lo que crear una solución tecnológica, que promueva a estudiantes universitarios una vida más saludable es de suma importancia.

El deporte en la Universidad de Colima (UCol) forma parte de los planes de estudio en los niveles medio superior y superior siendo su práctica obligatoria [5], por lo que este trabajo propone una solución que ayude a los alumnos acreditar actividades deportivas y los motive a tener una vida más saludable por medio del ejercicio.

En los últimos años han aumentado los videojuegos que requieren que los jugadores participen en actividades físicas [6], como el Wii fit o Dance evolution y recientemente los juegos con interfaces cinéticas, como el kineckt de xbox 360. Algunos los videojuegos fueron creados para motivar a las personas sedentarios a ser físicamente activos.

Por lo anterior surge ActivaT, un entrenador inteligente y cinético el cual motivará a los estudiantes universitarios por medio de juegos y competencias a ejercitarse y acreditar la materia de actividades deportivas. El entrenador personal de ActivaT podrá evaluar tu estado físico y determinar que

¹ El balance energético es la energía ingerida (alimentación) menos el gasto energético (actividad física).

ejercicios y a que intensidad es la ocupas, por medio de información obtenida en el perfil.

METODOLOGÍA

Para asegurar empíricamente que nuestra solución cumple con los niveles de usabilidad requeridos, utilizamos un Diseño Centrado en el Usuario (DCU), el que se caracteriza por asumir que todo el proceso debe estar conducido por los objetivos, necesidades y características del usuario [7].

Proceso

El centrar el diseño en los usuarios implicó involucrarlos desde el comienzo a fin en el proceso del desarrollo de nuestra solución: al analizar a los usuarios potenciales para obtener requerimientos; al diseñar una solución tecnológica en base a los requerimientos; y al evaluar la reacción de los usuarios potenciales ante el diseño propuesto para mejorar la interacción del usuario.

Analizando a los usuarios potenciales

En esta etapa identificamos y analizamos a los usuarios potenciales que se dirige nuestra solución, por medio de una obtención de datos clasificamos sus características y necesidades con el propósito de establecer los objetivos específicos del usuario y los requerimientos que la solución satisfice.

Diseño

En base a los resultados que obtuvimos en analizar los usuarios potenciales, se elaboró una propuesta de diseño mediante un prototipo con una interfaz cliqueable, que resolviera las necesidades y se ajustará a las capacidades, expectativas y requerimientos de los usuarios. En el diseño de este prototipo se plantearon los objetivos, las interacciones, imágenes, iconos, pantallas y elementos visuales que contiene.

Evaluación

Se validaron las soluciones de diseño, por medio de una prueba de usabilidad, con el fin de evaluar si el prototipo satisfice los requerimientos planteados, detectando problemas de interacción con el usuario. A continuación se describen los pasos realizados:

- **Introducción:** se le informó al participante por medio de un guión de introducción, (para estar seguros que fuera la misma información a todos), sobre los objetivos de la prueba, el seguimiento de la prueba y la definición de “piensa en voz alta”.
- **Arreglos antes de la prueba:** cada participante firmó un acuerdo de no divulgación y un formulario de consentimiento de grabación; y se les aplicó un cuestionario sobre antecedentes con la finalidad de definir sus experiencias en videojuegos y conocer su nivel de sedentarismo.
- **Durante la prueba:** el primer paso fue mostrar a los participantes el prototipo, sin instrucción alguna se dejó que lo observaran y lo utilizaran, con la finalidad de impartir un cuestionario antes de la prueba de usabilidad

y definir las primeras impresiones que tuvieron los participantes con el prototipo. Después de contestar el cuestionario pre-prueba, se les fue indicando las tareas a realizar, este proceso fue grabado mientras los usuarios “pensaban en voz alta”. Al terminar cada tarea, el participante nos informaba que había terminado y se les asignaba la siguiente. Con el objetivo de documentar cada impresión del participante, al final de cada tarea se les impartió una entrevista con preguntas tales como: ¿Te pareció fácil realizar la tarea?, ¿Te parece la tarea intuitiva?, etc.

- **Después de la prueba:** para reunir las preferencias de los participantes y profundizar su comprensión, fortalezas y debilidades del prototipo, se realizó un cuestionario de usabilidad con la escala SUS (por sus siglas en inglés System Usability Scale). El cuestionario son declaraciones de la usabilidad del prototipo, en donde el participante indica el grado de acuerdo o desacuerdo en una escala de puntos. Para calcular la puntuación del SUS, primero se sumaron las contribuciones de cada declaración luego se multiplicó la suma de los resultados por 2.5 para obtener el valor global del SUS. El resultado es entre 0 y 100 [8].

Diseñar centrándonos en el usuario no sólo implica entender cómo será usado el prototipo y evaluar las soluciones de diseño a partir de los usuarios, sino también analizar el valor y su capacidad para resolver necesidades reales. En los siguientes apartados se describen los resultados obtenidos en el proceso.

ANALIZANDO A LOS USUARIOS POTENCIALES

Este prototipo está enfocado para estudiantes de la Universidad de Colima, sin importar que seán activos o sedentarios, es por eso que se obtuvieron datos por medio de una observación directa, encuestas y entrevistas de ambas partes: 1) para recaudar información sobre personas que hacen ejercicio, la muestra de los potencialmente activos fueron a estudiantes que se encontraban haciendo alguna actividad física en el polideportivo de la misma universidad, 2) para recaudar información del porque la obesidad y el sedentarismo esta presente en personas que tienen una constante interacción con la tecnología, la muestra de los potencialmente sedentarios fue en la Facultad de Telemática

Observación Directa

Durante cuatro horas dos personas fueron observadores de una muestra de 24 alumnos pertenecientes a la Facultad de Telemática, y estos fueron los resultados:

El 75% de los alumnos cuentan con un dispositivo electrónico, con el cual interactúan, como computadoras portátiles, celulares o dispositivos de juegos, si se encuentran en grupo platican entre si pero no dejan de lado sus dispositivos.

El 66.66% de estudiantes tiene sobrepeso, estos tienden a estar sentados en el suelo o sobre sillas mientras utilizan sus aparatos o platican entre si.

Se observó que los estudiantes comen comida chatarra, como galletas, frituras, empanadas y toman refresco de Cola, solo el 16.66% de los estudiantes llevaban agua.

Los alumnos que se encontraban solos, jugaban en sus laptops o celulares, estos se notaban introvertidos y no se percataban del ambiente que les rodeaba.

Encuestas y Entrevistas

La muestra fue a hombres y mujeres entre 18 a 25 años de edad, diez personas en la facultad de telemática y diez personas en el polideportivo de la universidad. Primero se impartió una encuesta para conocer el nivel de sedentarismo de los entrevistados, el cual se evaluó mediante el test de IPAQ "Internacional Physical Activity Questionnaire" [9], los resultados se clasifican por bajo, moderado o alto mostrados en la Tabla 1.

Nivel sedentarismo	Entrevistados
Bajo	25%
Moderado	45%
Alto	30%

Tabla 1. Nivel de sedentarismo en los entrevistados.

La entrevista se realizó para saber sus gustos por el deporte, juegos y hábitos alimenticios, con el proposito de conocer a los posibles usuarios y tomar ideas para dar solución al problema.

Las entrevistas revelaron todos los alumnos cuentan o tienen acceso a dispositivos electrónicos como computadoras o laptops, también se detectaron las motivaciones y desintereses que cuentan los entrevistados:

- La principal razón de que los alumnos no hacen actividad física es por pereza, ya que el entretenimiento como la tv, internet, juegos se les hace más atrayente. La segunda razón fue que los alumnos no les gusta ejercitarse es porque tienen que trasladarse de su casa al lugar donde practican la actividad física. También se encontró que varias mujeres tienen vergüenza al practicar deporte frente de otras personas.
- Se encontró que algunos alumnos no practican actividad física ya que no saben como entrenar y por falta de información acerca de lo que necesitan.
- La principal razón que cuentan los alumnos al practicar deporte es por bajar o mantenerse en forma, para otros su motivación es la competencia.
- El 66.66% de las mujeres entrevistadas les gusta hacer una actividad física acompañadas, en cambio los hombres prefieren solos, a menos que sea alguna actividad por competencia prefieren realizarla acompañados.

- Los alumnos de la Facultad de Telemática usan su computadora entre 3 a 4 horas diarias, por razones tanto de escuela como fuera de ella. En fin de semana el 70% la utilizan más de 4 horas en entretenimiento como jugando con juegos de computadora, videoconsolas o conectados a Internet.

Tomando los resultados se obtuvo una comprensión de las áreas de oportunidad, y en base a esto diseñar un sistema que ayude a las personas activas y sedentarias a ejercitarse, con el fin de lograr una mejor experiencia a los usuarios y hacer que se sientan cómodos utilizando.

DISEÑO

La solución de diseño propuesta se denomina ActivaT, un sistema inteligente, el cual nos motivará a ejercitarnos a base de juegos, competencias y de llevar un registro diario de nuestras actividades, además cuenta con un sistema de reconocimiento de video el cual puede evaluar si te estas ejercitando o no.

ActivaT se conecta con la base de datos de la Universidad de Colima para poder acreditar la materia de actividades deportivas, la cual se toma por acreditada al realizar 30 horas de ejercicio por semestre, se escucha fácil y así será, ya que ActivaT tiene diferentes modalidades muy divertidas para activar el cuerpo y para de esta forma ayudar en los estudios, a continuación se explican la propuesta de diseño.

La pantalla principal: permite el registro de los usuarios, recordar contraseña e iniciar sesión en el sistema. Si no se está registrado no se podrá jugar, ya que el entrenador del sistema utiliza reglas con inteligencia artificial para en base a las características individuales de cada estudiante, recomendar los juegos y ejercicios indicados, la Figura 1 nos muestra dicha pantalla.



Figura 1: Pantalla principal

Menú principal: Una vez que se ha iniciado sesión en el sistema esta pantalla nos muestra las opciones a elegir, ya sea ir directo con tu entrenador personal, comenzar a jugar en modo aventura, el modo versus, modificar y ver el perfil de usuario o las opciones de configuración del juego, la Figura 2 muestra esta pantalla.

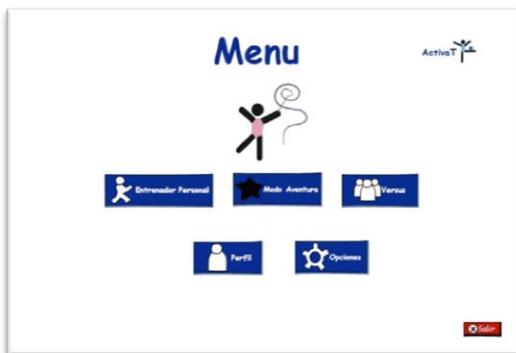


Figura 2: Pantalla de menú

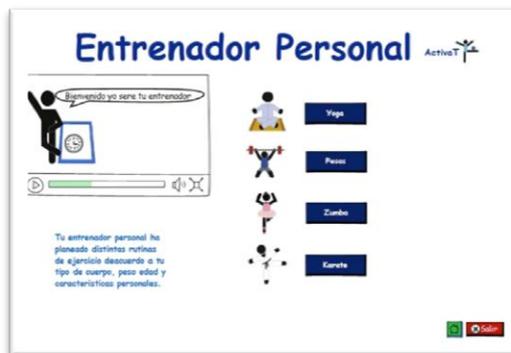


Figura 4: Modo entrenador personal

El perfil del usuario: muestra datos personales, guarda las características físicas y de salud y lleva un registro de que actividades se han realizado, por cuanto tiempo, cuantas calorías quemadas y consumidas, la visibilidad del perfil puede ser modificada ya sea si se quiere que sea público o privado. También en el perfil podemos ver una lista de logros y estadísticas de juego, dicha lista de logros puede compararse con otros jugadores. Además se puede publicar en Facebook o Twitter el progreso si así se desea, en la Figura 3 podemos ver un ejemplo de esto.

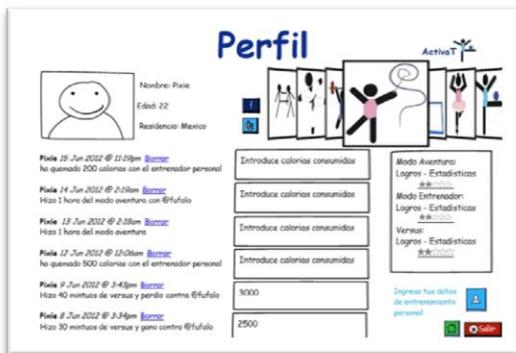


Figura 3: Perfil de usuario

Modo versus: se puede competir directamente con los compañeros de clase o con otros usuarios en la universidad, las competencias son variadas, desde box, hasta carreras, en la Figura 5 podemos ver un ejemplo de esto.

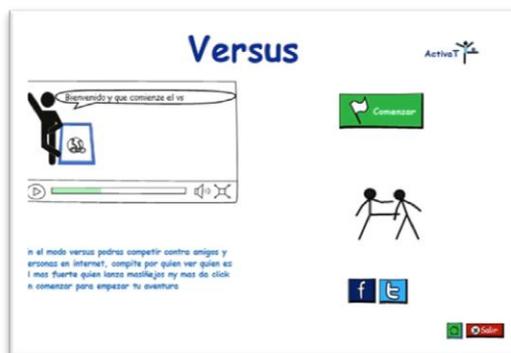


Figura 5: Modo versus

Modo Aventura: Este modo cuenta con diferentes juegos de aventura, como paseo en bicicleta, remo, senderismo, tiro al blanco, entre otros, como lo muestra la figura 6.

Modo Entrenador personal: este modo es muy importante ya que en base a los datos almacenados en el perfil podrá analizar y obtener rutinas de ejercicio adecuadas para el usuario, por lo cual sólo mostrará las opciones de ejercicio que son aptas para el estudiante en turno (ver Figura 4).

Los deportes escogidos que hay en ActivaT fueron los favoritos según los resultados de entrevista, al iniciar el entrenamiento, ActivaT enciende la Cámara Web conectada a la computadora y comenzará a analizar los movimientos del jugador al momento de que el instructor virtual explique el ejercicio a realizar.



Figura 6: Modo aventura

Opciones: en esta pantalla podemos modificar la privacidad del registro de actividades, así como la calidad de los gráficos, el sonido, y demás características, vea la Figura 7.

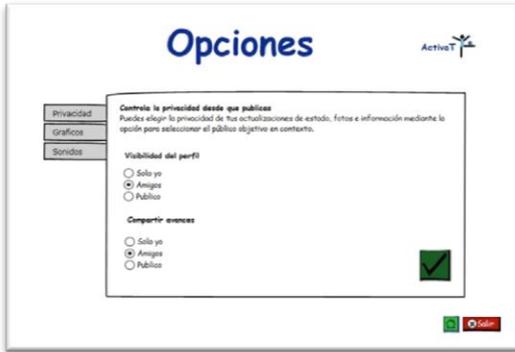


Figura 7: Opciones

EVALUACIÓN

La sesión de la evaluación se llevó a cabo en las instalaciones de la UCol con 10 participantes, cada uno de ellos hizo la prueba individualmente y contestó los cuestionarios de: antecedentes, pre-prueba y de usabilidad, los cuales obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Cuestionario de Antecedentes

En el cuestionario de antecedentes obtuvimos una moda de personas con actividad moderada, el 90% de los encuestados han jugado videojuegos anteriormente y el 100% le gusta utilizar la computadora para razones fuera de las actividades escolares, los resultados se pueden observar en la Tabla 2.

Nivel de Sedentarismo	Bajo:	20 %
	Moderado:	60 %
	Alto:	20 %
Han jugado video juegos anteriormente		90%
Les gusta utilizar la computadora por razones fuera de la escuela		100%

Tabla 2: Cuestionario de Antecedentes

Cuestionario de Pre-Prueba

Las primeras impresiones que tuvo ActivaT fueron positivas, la aplicación les pareció fácil de utilizar, y diferente a aplicaciones existentes en el mercado que puedan ser utilizadas para acreditar actividades deportivas en la Facultad de Telemática. El 90% comprendió la

terminología utilizada, a excepción de uno de los encuestados, observamos los antecedentes de ese usuario y nos percatamos que nunca había jugado videojuegos. Los resultados detallados de la prueba se pueden observar en la Tabla 3.

La aplicación les pareció fácil de utilizar	Totalmente de acuerdo: 40% De acuerdo: 30% Neutral: 30%
La aplicación les pareció similar a otras ya existentes que puedan ser útiles en la Facultad de Telemática.	Totalmente de desacuerdo: 80% Desacuerdo: 10% Neutral: 10%
Comprendieron la terminología utilizada, por ejemplo : versus, modo aventura, etc.	Si: 90% No: 10% ¿Cuál?: versus
Les pareció buena idea realizar ejercicio donde sea desde la computadora.	Si: 80% No: 20%
Confiarían en que un entrenador personal virtual, pueda decirles que ejercicios necesitan.	Si: 70% No: 30%
Le pareció buena idea que al utilizar la aplicación pueda acreditar sus actividades deportivas de la Universidad.	Si: 90% No: 10%

Tabla 3: Resultados de cuestionario pre-prueba.

Cuestionario de Usabilidad

Los resultados de la prueba de usabilidad fueron positivos, dando como promedio general 82.5 en una escala del 0 al 100 en base al SUS, la puntuación individual se muestra en la figura 8.



Figura 8: Puntuación por usuario

CONCLUSIONES

Según la evaluación, ActivaT logró brindar una interacción positiva y usable para el usuario, se lo atribuimos a la metodología utilizada en su creación, ya que nos dio las pautas para tomar en cuenta no solo las necesidades del usuario, sino también sus características físicas, así como el entorno en el que se desenvuelve y se implantará, estos aspectos influyeron considerablemente en la satisfacción del usuario.

En líneas generales, en la evaluación observamos que el prototipo logró interesar al usuario para su uso constante en la acreditación de actividades deportivas. Con una puntuación de 82.5% en la escala de usabilidad nos percatamos que ACTIVAT es factible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Mtro. Pedro César Santana Mancilla por su guía para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

1. OMS. Inactividad física: un problema de salud pública mundial. in Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. 2011.
2. Jebb, S. and A. Prentice, Assessment of human energy balance. *The Journal of endocrinology*, 1997. 155(2).
3. OMS, Obesidad y sobrepeso. *Organización Mundial de la Salud*, 2012.
4. Hoyos Cillero, I., Alimentación de Estudiantes Universitarios, in Osasunaz2008, País Vasco: Fac. de CC. de la Actividad Física y el Deporte. *Dpto. de Educación Física y Deportiva*. Portal de Lasarte s/n. 01007 Vitoria- Gasteiz.
5. Aguayo López, M.Á. Dirección General de Deportes y Actividades Recreativas. 2009 [cited 2012 22, junio]; Available from: <http://www.ucol.mx/deportes/iprese.html>.
6. Bandura, A., Health Promotion by Social Cognitive Means. *Health Education & Behavior*, 2004.
7. Draper, S.W. and D.A. Norman, User centered system design: New perspectives on human-computer interaction 2009, Hillsdale, New Jersey: *Lawrence Erlbaum Associates, Inc.*
8. Bangor, A., P.T. Kortum, and J.T. Miller, An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2008. 24(6): p. 575-594.
9. GrupoIPAQ. Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). 2005 [cited 2012 18 junio]; Available from: <http://www.ipaq.ki.se/scoring.htm>.

MaxG VS la grasa, por un México divertido sin obesidad

Fernando Luján
Chavarría

Luis Alberto Sánchez
Limón

Lucero Rangel Méndez

David Ángel Hernández
Sánchez

Universidad Politécnica de Puebla. Programa Académico de Ingeniería Informática
Tercer Carril del Ejido Serrano S/N Juan C. Bonilla, Puebla, México

feluj88@gmail.com, {luis_riot16,lukromatic,cafe_tacvba111}@hotmail.com

RESUMEN

La obesidad es un problema de salud pública debido entre otros factores a la mala alimentación y al escaso desarrollo de actividades físicas. Este documento describe “*Loss of mass adventure*”, un juego de video en 3D que tiene como propósito motivar a los usuarios a reflexionar sobre este problema. El documento presenta el diseño del personaje principal y la interacción que realiza el usuario en los escenarios propuestos. El proceso de desarrollo sigue los pasos de la programación extrema.

Palabras clave del autor

Juego de video, interacción, escenarios virtuales.

Palabras clave de la clasificación de ACM

H. Sistemas de información. H.5 Interfaces de información y presentación. H.5.2 Interfaces de usuario

Términos generales

Diseño; Usabilidad; Personalización.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud define a la *obesidad* como el exceso de grasa en los tejidos del cuerpo humano. La obesidad es un problema de salud que afecta a la población de todas las edades. Entre las causas principales se consideran la mala alimentación y la falta de actividades físicas [OMS 2012].

A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar por el alto porcentaje de la población que es obesa, sólo después de Estados Unidos. De acuerdo a [CNN 2012], tres de cada siete mexicanos tiene la cintura más grande de lo recomendado, según datos dados a conocer por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Puebla y Michoacán son las quintas entidades federativas que por su dimensión y peso demográfico concentran el 9.4% de fallecimientos relacionados con la obesidad [INEGI 2012].

Este documento describe “*Loss of mass adventure*”, un juego de video que pretende ser una contribución modesta pero alternativa de solución para atender problemas de obesidad en personas de cualquier edad pero está enfocado principalmente hacia jóvenes, adolescentes y niños.

Está diseñado con el propósito de que la interacción motive a los usuarios a reflexionar sobre la importancia de una buena alimentación y la necesidad de desarrollar actividades físicas.

El documento está organizado como sigue. La sección 2 describe trabajos relacionados. La sección 3 contiene información del contexto. La sección 4 presenta el proceso de desarrollo del juego. La sección 5 muestra los resultados preliminares. Finalmente, la sección 6 contiene las conclusiones y describe el trabajo a futuro.

TRABAJOS RELACIONADOS

En países como el nuestro, la obesidad es un problema de salud pública. Esta sección describe algunas herramientas de software que han sido diseñadas para atenderlo.

Un software que puede adaptarse a problemas de obesidad es SAND¹, su nombre proviene de las siglas de Sistema de Apoyo a la Nutrición Deportiva. Es un sistema capaz de determinar el consumo de calorías requerido para un deportista tomando en cuenta factores específicos. Orienta sobre la distribución de calorías que debe tener una dieta según los objetivos que persigue la misma.

El periódico “el informador” por medio de su página en internet dio a conocer que la Universidad Autónoma de Querétaro en la Maestría en Diseño e Innovación de la Facultad de Ingeniería, el estudiante Alberto Ramírez Lujano ganó el primer lugar del Concurso Latinoamericano “Lúdica, Concurso de Juegos Educativos 2012” con su juego “Sintáxica”, que tiene como objetivo facilitar el aprendizaje del español. El videojuego “Sintáxica” tiene como personaje central a Roberto, un robot que desea escribir un libro sobre la fauna de la Tierra. Para lograrlo, el jugador usa palabras y forma oraciones con sustantivo, verbo y predicado. El juego posee tres niveles de dificultad. No se conocen detalles de implementación.

En la Universidad Iberoamericana de México (UIA) se diseñó el Programa de Nutrición Clínica-Obesidad, **PNC-Ob**, un software que gestiona planes alimentarios de

¹Disponible en: http://topsystems.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2:sand&catid=1:programas

personas mayores de edad. Está dirigido a usuarios especialistas con conocimientos de nutrición. El software permite el manejo de planes de manera sistemática. El PNC-Ob se utiliza en la Clínica de Nutrición de la UIA.

En el Instituto de Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), se desarrolló el juego de video “Etiobe” para tratar la obesidad en niños. El objetivo es mantener a los usuarios lo más activos posibles durante el tiempo del juego. A través de sensores se extrae información que puede manejarse a nivel fisiológico, psicológico y contextual. El juego se divide en una *zona común* a la que acceden todos los usuarios, se despliega información general sobre nutrición, vida saludable, dieta equilibrada, deportes o recetas sanas, y una *zona privada* de acceso restringido para control clínico personalizado. Para jugarlo, se requiere de una computadora con acceso a internet. Actualmente, el juego se utiliza en el Consorcio Hospital General Universitario de Valencia.

En la Universidad de Houston se diseñó otro juego de video que utiliza sensores de movimiento y un asistente personal digital (PDA) para promover en los usuarios una actitud competitiva impulsada por sana diversión. Entre más movimientos realiza un usuario, por ejemplo, al caminar o brincar, mayor es el número de puntos que obtiene. Los usuarios pueden realizar sus actividades cotidianas y seguir incrementando el puntaje. El acceso al juego puede ser concurrente si se utilizan teléfonos celulares en un radio determinado por el alcance de los dispositivos. La tecnología que se utiliza es *wireless*.

Las diferencias tecnológicas principales de los juegos anteriores en relación al propuesto en este documento son las siguientes:

- No se emplean sensores, por lo que el costo para los usuarios finales es menor
- El acceso puede realizarse a través de internet o accediendo a una copia local del juego que se encuentre en una computadora personal
- No se requieren recursos de hardware muy elevados
- Es compatible con diversos navegadores como *Internet Explorer, Safari, Mozilla Firefox* o *Google Chrome*.

INFORMACIÓN DE CONTEXTO

La medición de la circunferencia de la cintura tiene un significado predictivo, pues indica cómo se está distribuyendo la grasa en el cuerpo humano. En México, la cintura promedio de los mexicanos mide 95.4 centímetros, cuando la medida ideal, según la Organización Mundial de la Salud es de 90 centímetros. De acuerdo a esta dependencia, la cintura en mujeres debiera ser de 80 centímetros y de 90 centímetros en varones [OMS 2012]. Otra recomendación la establece la norma oficial mexicana

NOM -043-SSA2-2005 que trata de los servicios básicos de salud, de la promoción y educación para la salud en materia alimentaria. En esta norma, las medidas son mayores, 88 centímetros en la cintura para mujeres y 102 para varones.

DESARROLLO DEL JUEGO DE VIDEO

El diseño se basa en XP, siglas en inglés que corresponden a *programación extrema*. Esta metodología tiene como propósito dar al cliente el software que necesita cuando lo necesita. Es adecuada para proyectos a corto plazo con equipos de desarrollo pequeños.

XP se basa en cuatro pasos principales: planeación, diseño, codificación y prueba. Estos pasos se describen en las secciones siguientes:

Planificación

El juego pretende motivar a los usuarios a reflexionar sobre la obesidad. Para ello, se propone un personaje principal denominado MaxG, el nombre proviene de Maximiliano Glotón, que es un nombre de origen latino cuyo significado es aquel que es el más grande, en este caso el volumen. El cual podría participar en diferentes actividades. El usuario guía a MaxG a través de los distintos escenarios para que seleccione alimentos saludables de cualquier tipo de alimentos y mantenga su peso ideal. De acuerdo al número de calorías de los alimentos ingeridos, al terminar una tarea se muestra una proyección de la apariencia física del personaje si la selección de alimentos del juego correspondiera a sus hábitos alimenticios.

Con el propósito de mantener el interés y la atención del usuario, durante el juego, MaxG gana o pierde peso según la cantidad de calorías consumidas en las actividades físicas y a las calorías obtenidas en los diferentes alimentos seleccionados. Las características de MaxG se presentan en la siguiente sección.

Diseño

El diseño del juego de video se divide en dos partes principales: el diseño del personaje y el diseño del escenario.

Diseño de personaje

El personaje es un modelo en 3D realizado en Autodesk 3D'sMAX cuyos rasgos se buscó que fueran similares a los de algunos mexicanos. El diseño del personaje es de tipo caricaturesco para no incomodar a los usuarios. El personaje está vestido con una playera roja cuando tiene sobrepeso como señal de alerta (lado derecho de la Figura 1) y con una playera verde cuando está en un peso ideal (lado izquierdo Figura 1). La Figura 1 muestra al personaje de frente y de perfil para apreciar la diferencia de medidas.

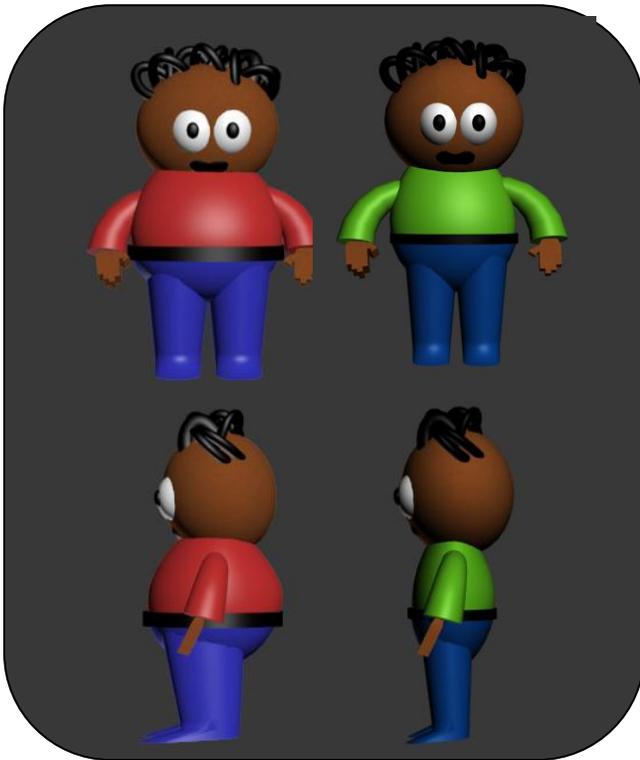


Figura 1: Perspectivas de MaxG

Las características físicas principales de MaxG son:

- El tamaño de la cintura representa el principal indicador de obesidad. Se utiliza contraste entre el color del pantalón y la playera para resaltar la dimensión de la cintura.
- El color de la tez es morena como gran parte de la población mexicana.
- Los ojos están modelados con esferas para dar profundidad al rostro del personaje.
- Las piernas y brazos se modelaron a partir de conos.
- El cabello se forma con figuras regulares de tipo toro. El color es negro para responder a características etnográficas.

Para realizar la animación del personaje es necesario tener un sistema de huesos incorporado al modelo 3D que implemente conceptos de cinemática directa e inversa para simular los movimientos propios de un ser humano, como correr, brincar y caminar. Para grabar la animación se requiere una serie de movimientos realizados a través de fotogramas. Los fotogramas cambian de acuerdo a la actividad que realiza el personaje.

Diseño de escenarios

El escenario principal está inspirado en un parque donde se pueden realizar diversas actividades físicas al aire libre, como correr o brincar. El escenario es modelado sobre un objeto de tipo terreno (*terrain*) con una resolución de 800 x 600 píxeles. Utilizando el inspector de objetos se crearon elevaciones para dar realismo al escenario. El agua se representa con un plano colocado sobre el terreno, lo que permite dar profundidad al lago. Se incorporaron texturas 2D y 3D para representar la flora del lugar como árboles, pasto y arbustos.

En el escenario se incluyen puntos de control que despliegan una pantalla de información con frases que motiven al usuario a mantener un peso ideal. Algunas de las frases que podrían aparecer en un juego son las siguientes:

- Adelgazar es un reto
- Comer bien para sentirse y verse bien
- Eres lo que comes
- Vida saludable, vida agradable

La Figura 2 muestra el escenario en la interfaz en Unity 3D. Del lado derecho se muestra la jerarquía de los objetos y el administrador del proyecto; del lado izquierdo se encuentra el escenario desde una perspectiva superior.

La mecánica del juego de video consiste en un conteo de puntos determinados para cada elemento considerado. Estos se representan en el juego de video con modelos de alimentos en 3D² y son disparados por unas torretas de 2 diferentes colores. La torreta verde contiene la comida saludable como manzanas, plátanos y tomates, los cuales tienen un valor positivo. Mientras que las torretas rojas tienen un valor negativo y contienen la comida chatarra, la cual incluye papas fritas, refresco de cola y rebanadas de pizza. Al inicio del juego MaxG tiene 50 puntos de salud, si el contador llega a 0 MaxG morirá, si el contador se mantiene arriba de los 60 puntos MaxG mantendrá una figura esbelta y realizará sus actividades con mayor rapidez, mientras que si el contador es inferior a 60 puntos MaxG mantendrá una figura con sobrepeso y disminuirá la velocidad al realizar las diferentes acciones.

La figura 3 muestra a MaxG mientras es atacado por los alimentos que son disparados por las diferentes torretas y el contador de salud.

² Modelos 3D descargados de:

- <http://www.the3dstudio.com>
- <http://thefree3dmodels.com>

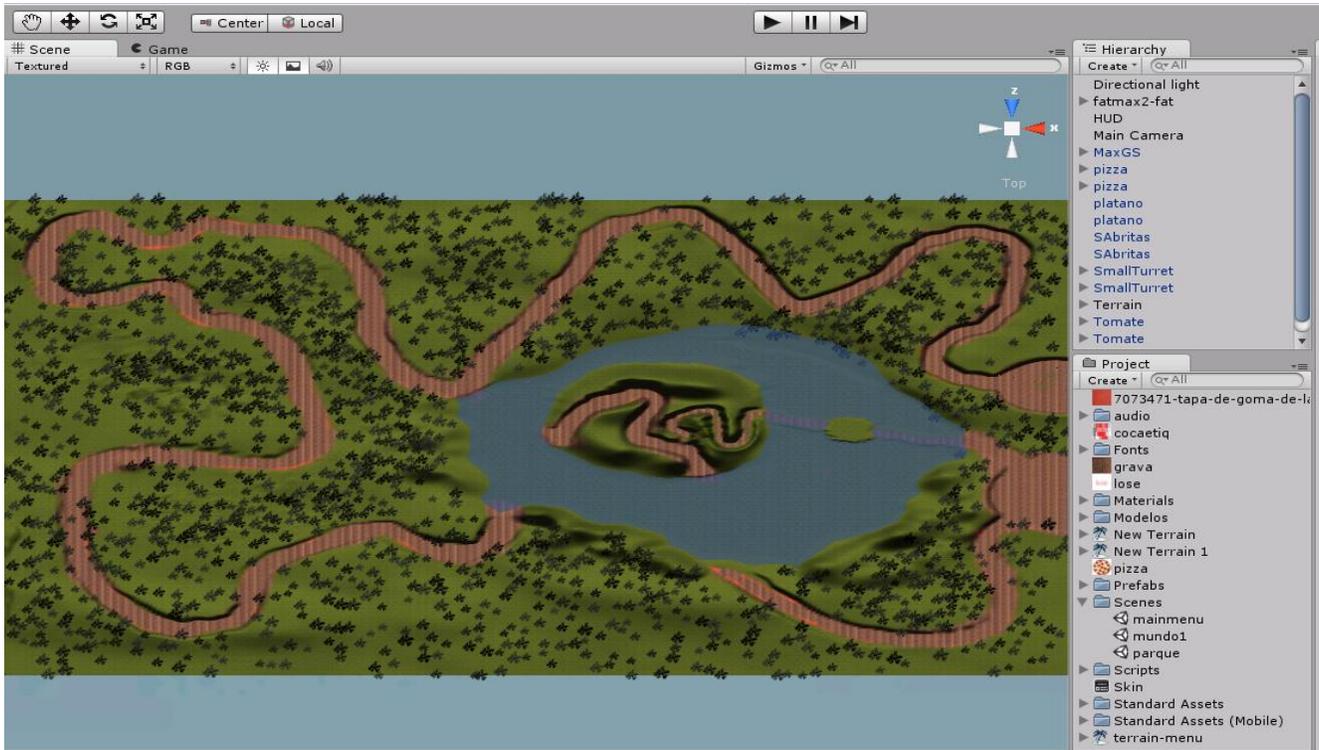


Figura 2: Escenario principal del juego de video.



Figura 3: MaxG siendo atacado

Codificación

La codificación de scripts está enfocada al procesamiento de cálculos de posiciones y colisiones, gráficos, archivos, generar sonidos, cambiar estados, etc. La programación codifica según las interacciones del objeto con las entradas del usuario por medio de dispositivos como teclado, ratón o palanca.

Dentro de los escenarios del proyecto, la programación se presenta en diferentes scripts programados en el lenguaje Java-Script, los cuales dan la animación, conteo de calorías, conteo de vidas, la realización de los puntos de control (*checkpoints*), la movilidad del personaje, la migración de un escenario a otro, entre otras acciones.

En la Figura 4 se muestra una parte del script *ThirdPersonController.js* que maneja la mayoría de las acciones del personaje y su interacción con el escenario. En la función *OnControllerColliderHit()* se muestra el código que verifica cuando el personaje ha cruzado un punto de control y cambia la posición donde aparecerá en caso de caer del escenario o morir. La función *LateUpdate()* es la encargada de colocar al personaje nuevamente en el escenario, después de que haya muerto, ajusta la vista de la cámara que proporciona la vista al usuario del escenario y personaje.

En la Figura 5 se muestra la función *awake()* que también se encuentra el script *ThirdPersonController.js*. Esta función es la encargada de mover al personaje dentro del escenario de acuerdo a las instrucciones del usuario a través del teclado. La condición (*if*) verifica que el personaje se encuentre tocando el terreno. Si se cumple, el personaje camina en distintos ejes. Esta función también es la encargada de que el personaje realice otros movimientos más complejos como un brinco, aplicando gravedad y dirección al personaje cuando este se encuentra en el aire.

Para ejecutar el juego vía web, se requiere del *Plug-in Unity web player*, el cual es gratuito, por lo que la distribución y el juego podría realizarse bajo el mismo esquema. Si se accede de forma local, el Plug-in anterior no sería necesario, bastaría con el archivo ejecutable generado de acuerdo al sistema operativo. Esta última parte se refiere a que en Unity, es necesario indicar el sistema operativo en el

cual se ejecutará el juego antes de construir el archivo ejecutable.

“*Loss of mass adventure*” está elaborado con la versión 3.4.2. El desarrollo se realizó en una computadora personal con sistema operativo Windows 7 Enterprise y se probó también en una laptop *MacBook Pro* con sistema OS X 10.6.8.

```
function OnControllerColliderHit(hit:ControllerColliderHit){
  if(hit.gameObject.tag=="Respawn"){
    dead=true;
    Controlvidas.VIDAS -=1;
  }

  if(hit.gameObject.tag=="checkpoint1"){
    Destroy(hit.gameObject);
    respawnpoint= gameObject.Find("Checkpoint-trans1").transform.position;
  }
  if(hit.gameObject.tag=="checkpoint2"){
    Destroy(hit.gameObject);
    respawnpoint= gameObject.Find("Checkpoint-trans2").transform.position;
  }
  if(hit.gameObject.tag=="final"){
    Destroy(hit.gameObject);
    respawnpoint= gameObject.Find("Checkpoint-trans3").transform.position;
    Application.LoadLevel(2);
  }
}

function LateUpdate(){
  if(dead){
    transform.position= respawnpoint;
    gameObject.Find("Main Camera").transform.position=Vector3(95,7,10);
    dead=false;
  }
}
```

Figura 4: Funciones contenidas en el script *ThirdPersonController.js*

```
function Update() {
  var controller : CharacterController = GetComponent(CharacterController);

  if (controller.isGrounded) {

    moveDirection = Vector3(Input.GetAxis("Horizontal"), 0,
      Input.GetAxis("Vertical"));
    moveDirection = transform.TransformDirection(moveDirection);
    moveDirection *= speed;

    transform.Rotate(0,Input.GetAxis("Horizontal")* rotateSpeed, 0);

    if (Input.GetButton ("Jump")) {
      moveDirection.y = jumpSpeed;
    }

  }

  // Apply gravity
  moveDirection.y -= gravity * Time.deltaTime;

  // Move the controller
  controller.Move(moveDirection * Time.deltaTime);
}
```

Figura 5: Función *awake()* encargada del movimiento del personaje.

RESULTADOS

El video juego está enfocado a usuarios de cualquier edad, aunque se considera que los juegos de video son utilizados principalmente por jóvenes y adolescentes. A través de su uso se pretende contribuir a que los usuarios puedan tener una mejor alimentación y a promover el desarrollo de actividades físicas, a manera de hábito o bien, en sus ratos libres, se esperaría que el usuario inconscientemente prefiera consumir alimentos saludables en vez de comida alta en grasa. Los elementos del juego dirigidos específicamente a los propósitos anteriores son: el diseño del personaje y las tareas que realiza como correr, caminar y brincar, así como las frases que se despliegan en los escenarios. Por otro lado, la selección de los alimentos apoya a que los usuarios puedan distinguir consciente e inconscientemente entre alimentos sanos de aquellos denominados chatarra.

Con el propósito de evaluar experimentalmente aspectos de interacción humano – computadora en el juego propuesto, de forma aleatoria se eligieron 20 estudiantes, 5 por cada una de las ingenierías Informática, Electrónica, Biotecnología o Mecatrónica. Después de interactuar con el juego en un tiempo promedio de 5 a 10 minutos, se les solicitó que contestaran un cuestionario con formato de escala de Likert que aborda aspectos como los siguientes:

- Agrado – desagrado sobre el nombre el juego y la interacción que puede realizar el personaje que manipula el usuario
- Opinión sobre los elementos que se presentan en los escenarios tales como colores y manejo de espacios
- Relevancia de la retroalimentación que ofrece la música de fondo y otros sonidos
- Pertinencia del uso del juego para atender el problema social, en una población formada por adolescentes y jóvenes

A los usuarios se les solicitó indicar a través de preguntas abiertas sus sugerencias en relación a lo que consideran pudiera hacer falta al juego en general o a un aspecto en particular.

A la fecha, el juego está a nivel de prototipo. A través de la grabación de la interacción de los usuarios, se pretende que el equipo de desarrollo encuentre los posibles errores en los escenarios, tales como que el personaje pudiera atravesar una pared o bien, que los cambios entre los escenarios no sean drásticos.

Los resultados preliminares sugieren lo siguiente:

- A diferencia de otro tipo de software como una aplicación web o de escritorio, desde nuestro punto de vista, utilizar un juego de video puede resultar ser atractivo y divertido

- El juego es *impersonal*, es decir, el personaje principal no está relacionado con el aspecto físico del usuario, lo cual en general es una ventaja ya que se pretende se elimine cualquier elemento que pudiera dañar la autoestima de los usuarios
- Se eligió como título del juego de video "*Loss of mass adventure*" ya que parece llamar mas la atención a los usuarios que el título en español

Otros beneficios de la implementación del juego pero ahora desde el punto de vista de los desarrolladores, representan las oportunidades de aplicar los conocimientos adquiridos en materias como Ingeniería de Software para atender un problema real, además de enfrentarse ante retos de auto aprendizaje por utilizar herramientas de desarrollo de software que no forman parte del mapa curricular, principalmente *Unity 3D* y *Autodesk 3d'sMax*. Se espera que a través del uso de este tipo de herramientas, se desarrollen habilidades relacionadas directamente con el área de interacción humano – computadora.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del juego "*Loss of mass adventure*", se busca concientizar a las personas y en especial a adolescentes y jóvenes, sobre las ventajas de mantener un peso adecuado y llevar una vida sana si se consumen alimentos saludables. Se pretende se convierta en una pequeña contribución para abatir la inactividad física y el sedentarismo, desafortunadamente comunes entre estudiantes.

Además, se busca que las frases utilizadas en el juego u otros elementos no molesten a los usuarios, sino que origine en ellos una actitud favorable en la selección de sus alimentos. También se tiene contemplado trasladar el juego de video a plataformas interactivas, como Nintendo Wii o Xbox Kinect logrando una mayor actividad física combatiendo el sedentarismo.

Como trabajo a futuro, se planea que al subir o bajar de peso, el comportamiento del personaje muestre cambios en la velocidad con que realiza sus actividades o en la complejidad de las tareas, así como también que los cambios en su apariencia física puedan ilustrarse durante el juego.

REFERENCIAS

1. Alcántara Liliana. Ssa propone reducir cintura de los mexicanos para el 2010, El universal, sábado 01 de Julio de 2006. Disponible: <http://www.eluniversal.com.mx/nacion/140144.html>

2. Baños Rosa, Botella Cristina, Frías Álvaro, Alcañiz Mariano. Etiobe: video juego contra el sobrepeso infantil. Universidad Politécnica de Valencia, Universitat Jaume 1, LabHuman, Human Centered Technology 23/03/2010. Disponible en: <http://www.padresonones.es/noticias/ampliar/248/terapia-inteligente-y-divertida-contra-el-sobrepeso>
3. El Informador Tecnología NTX / IGRA, Querétaro. Mexicano gana concurso latinoamericano con videojuego educativo, 19 Abril 2012. Disponible en: <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2012/370905/6/mexicano-gana-concurso-latinoamericano-con-videojuego-educativo.html>
4. "La cintura, es clave para tu salud", Yakult S.A de C.V, 2012. Disponible: http://www.yakult.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=94
5. México es el segundo país de la OCDE con más porcentaje de obesidad, Febrero 2012. Disponible en: <http://mexico.cnn.com/salud/2012/02/21/mexico-es-el-segundo-pais-de-la-ocde-con-mas-porcentaje-de-obesos>.
6. Mortalidad <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/defunciones.aspx?tema=P>
7. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso. Nota descriptiva No. 311. Mayo 2012. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
8. Pavlidis Ioannis, Fujiki Yuichi, Kazakos Kostas, Morales Raúl. Videojuego que ayuda combatir el sobrepeso, Septiembre 2007. Disponible en: http://www.tendencias21.net/un-videojuego-ayuda-combatir-el-sobrepeso_a1791.html
9. Pressman Roger S. Ingeniera del software. Un enfoque práctico, ,2010
10. Suverza Araceli, Haua Karime, Salinas Adriana, Perichart Otilia, de Santiago Soledad. Software contra el sobrepeso y la obesidad, Marzo 2006. Disponible en: <http://noticias.universia.net.mx/vida-universitaria/noticia/2006/03/27/71162/software-contra-sobrepeso-obesidad.html>.

Kenap´Naaá: Sistema Diseñado para Motivar un Mundo Saludable A través de los Niños

**Hermenegildo
Fernández Santos**
Universidad
Tecnológica de la
Mixteca. Oaxaca,
México.

**Marvelia Gizé
Jiménez Guzmán**
Universidad
Tecnológica de la
Mixteca. Oaxaca,
México.

**Abigail Juárez
Castellanos**
Universidad
Tecnológica de la
Mixteca. Oaxaca,
México.

**Joscelin Rojas
López**
Universidad
Tecnológica de la
Mixteca. Oaxaca,
México.

hfernandez801@gmail.com marvgize@gmail.com

aby.juca@gmail.com rolojo1307@gmail.com

ABSTRACT

Existen 1,200 millones de personas con sobrepeso u obesidad en el mundo, de los cuales se prevé que 42 millones de niños padecerán distintas enfermedades a edades tempranas como causa de estos padecimientos. ¿Y qué están haciendo los padres mientras esto sucede?

Kenap´Naaá es un sistema interactivo inteligente diseñado para cuidar, monitorear y mejorar la alimentación de los niños, ofreciendo información saludable a los adultos presentes en el hogar, despertando el interés por la salud de la familia, motivándolos a mejorar su calidad de vida, fortaleciendo la relación con sus hijos y a través de ello reducir el impacto de la obesidad en el futuro.

Author Keywords

Obesidad, Salud, Niños, Educación Alimenticia, Relaciones Afectivas, Tecnología.

ACM Classification Keywords

H.5.2 User Interfaces (Graphical user interfaces (GUI), Input devices and strategies (e.g., mouse, touch screen), Interaction styles, Voice I/O, Screen design (e.g., text, graphics, color)); H.5.3 Group and Organization Interfaces (Web-based interaction).

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la creciente urbanización, el cambio en los modos de transporte y el sedentarismo están generando una disminución en la actividad física de las personas, que aunado al mayor consumo de alimentos hipercalóricos con abundantes grasas saturadas, sales y azúcares provocan uno de los problemas de salud más alarmantes de nuestro tiempo: la obesidad [4].

El sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. La causa fundamental de estos padecimientos es un desequilibrio energético entre las calorías consumidas y las gastadas [4].

Este problema de salud se considera el quinto factor de defunción en el mundo y la principal causa de

enfermedades cardiovasculares, que a su vez se consideran la primera causa de muerte en el mundo [4].

Para determinar el estado nutricional en el que se encuentra una persona y saber si presenta sobrepeso u obesidad, se utiliza el Índice de Masa Corporal (IMC por sus siglas en español) el cual se obtiene dividiendo el peso de la persona (kg) entre la estatura al cuadrado (m²) (Ver Tabla 1) [3].

	IMC(Kg/m ²)
Bajo Peso	<18.5
Peso Normal	18.5-24.9
Sobrepeso	25.0-29.9
Obesidad	30.0-39.9
Obesidad Extrema	>=40.0

Tabla 1. Clasificación de obesidad y sobrepeso de acuerdo al IMC.

Entre los países que presentan el mayor índice de obesidad en el mundo se encuentran: Estados Unidos (33.8%), México (30%) y Nueva Zelanda (26.5%) [5].

Contextualizando esta situación, hoy en día el problema se ha extendido a todas las edades y amenaza principalmente el futuro de jóvenes y niños. Si esta situación no es atendida de manera urgente, en países como Grecia, Italia, Estados Unidos y México se prevé que la población infantil actual padecerá de distintas enfermedades, tales como: diabetes, enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, depresión, desórdenes musculoesqueléticos, problemas respiratorios, entre otras [4].

En México el problema de sobrepeso y obesidad no ha sido asimilado y por tanto no hay una concientización de las consecuencias que se generan; los padres han comenzado a descuidar la salud de sus hijos pues su prioridad se ha centrado en el trabajo, lo que provoca que los lazos familiares se deterioren. Para compensar esa falta de atención, se brinda cariño por medio de premios, los cuales

consisten generalmente en alimentos chatarra, además se sigue teniendo la falsa creencia de que un niño gordito es un niño saludable [1] (Ver Figura 1).



Figura 1. Población con obesidad y sobrepeso en México.

Oaxaca, Oaxaca es una ciudad localizada en el sureste de México, teniendo como principales actividades económicas: Agricultura, Servicios y Turismo. A lo largo de los años la gastronomía del estado se ha caracterizado por utilizar la grasa como un ingrediente determinante del sabor y que combinado con el ritmo de vida acelerado, crean el escenario perfecto para la obesidad (Ver Figura 2 y 3).

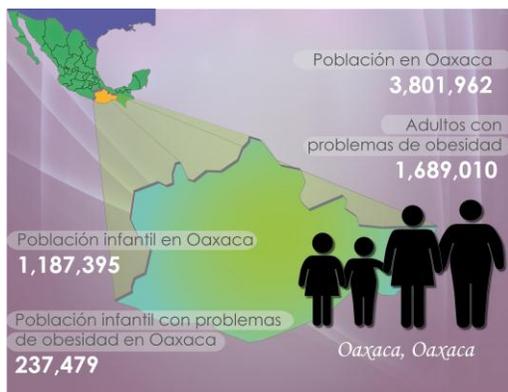


Figura 2. Población total y población con obesidad y sobrepeso en Oaxaca.



Figura 3. Contexto: Oaxaca y sus habitantes.

METODOLOGÍA

Para entender y apreciar la magnitud del problema de la obesidad, los esfuerzos por combatirla y la apreciación de las personas, se utilizó la Metodología de Diseño Centrada en el Usuario Extendida (UCD-E por sus siglas en inglés) a través de sus 5 fases (Ver Figura 5) [6].

Entendimiento

La obesidad en el mundo es un problema de carácter social que requiere un enfoque poblacional, multisectorial, multidisciplinario y adaptado a las circunstancias culturales para entenderlo.

Las estadísticas mundiales indican que la población adulta es la más afectada [5], sin embargo, la obesidad y el sobrepeso en niños crece a un mayor ritmo; los padres, quienes son responsables de cuidar, alimentar y proteger a sus hijos, están descuidando cada vez más estas responsabilidades.

El problema de salud que está afectando a los niños se puede prevenir y requiere especial atención, ya que ellos no pueden elegir el entorno en el que viven ni los alimentos que consumen, pues dependen directamente de los adultos, quienes al no tener una cultura alimenticia saludable transmiten a sus hijos el mismo comportamiento (Ver Figura 4).

México, un país con 80 millones de personas que presentan problemas de obesidad y sobrepeso [1], se encuentra en una situación de riesgo de salud (Ver Figura1). Diversos fenómenos sociales han propiciado el crecimiento del problema, uno de ellos es la incorporación de la mujer al campo laboral provocando que la tarea de alimentación familiar pase a ser responsabilidad de un tercero.

En general, la convivencia familiar, modos de alimentación, tipo de alimentos, horario de comidas y actividades físicas se han visto alterados.

Trabajo Previo

Ante el incremento de cifras nacionales en obesidad, el Gobierno y empresas privadas están impulsando diversas campañas y medidas para combatir el problema, las cuales se presentan a continuación:



Figura 4. Población infantil con problemas de obesidad y sobrepeso en la Ciudad de Oaxaca.

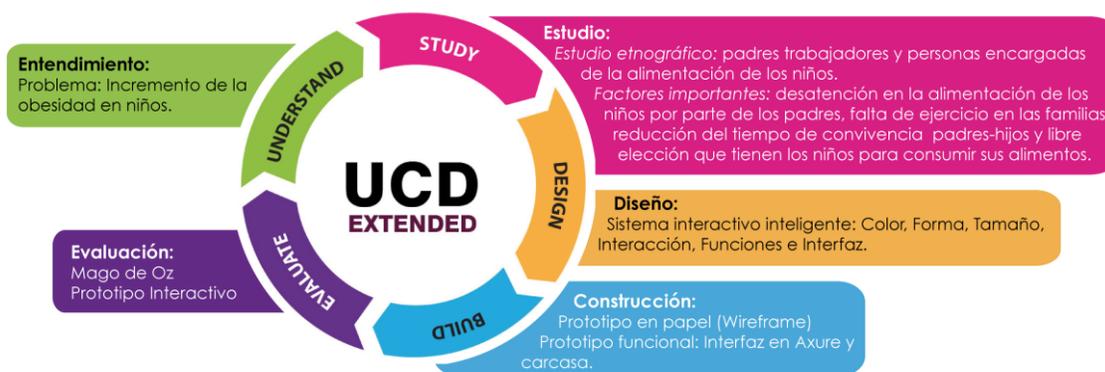


Figura 5. Proceso de Investigación: Metodología de Diseño Centrada en el Usuario Extendida.

Organismo	Campañas
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), 2010	Campaña de prevención y regresión del sobrepeso y obesidad
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 2010	Módulos para evaluación e información de la obesidad en adultos
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), 2011	Investigaciones para combatir la obesidad en el país en conjunto con el gobierno de Italia
Secretaría de Salud (SSA), 2012	Campaña “Poncha la obesidad” colocando módulos de información en eventos deportivos de baseball
AppleStore	Aplicaciones como FoodScanner, LiveStrong y CalorieTracker
Microsoft	Consola Xbox con soporte Kinect

Tabla 2. Campañas e iniciativas emprendidas por el Gobierno y la iniciativa privada.

Sin embargo las principales deficiencias de las campañas emprendidas por el Gobierno Federal, de acuerdo a la opinión pública, son: la falta de seguimiento, ambigüedad en las propuestas y la falta de compromiso de los involucrados. Las empresas privadas por su parte se enfocan a un sector reducido de la población.

Estudio

Considerando el análisis de la información y el contexto del problema, se busca delimitar un segmento de la población, para analizar 4 factores importantes (lluvia de ideas):

- Desatención en la alimentación de los niños por parte de los padres.
- Falta de actividad física en las familias.
- Reducción del tiempo de convivencia padres-hijos.
- Libre elección que tienen los niños para consumir sus alimentos.

Como segunda fase del estudio y con el objetivo de analizar los 4 factores presentados, se realizó un estudio etnográfico en la Ciudad de Oaxaca, Oaxaca para analizar a los usuarios involucrados: Niños, Padres, Abuelos y Niñeras.

En Oaxaca, la tercera parte de la población es infantil, de la cual se estima que 6/10 niños presentan obesidad en edad escolar (30%), ocupando así el 5º lugar a nivel nacional [2] (Ver Figura 2).

Entrevistas

El estudio etnográfico se realizó por medio de entrevistas (abiertas y semi-estructuradas) aplicadas a 16 personas (9 Madres, 1 Padre, 5 Abuelas y 1 Niñera) que presentan el siguiente perfil: adultos de clase media y media-alta, con hijos en edad primaria, empleados de oficina, edad promedio de 25-60 años y con residencia en la Ciudad de Oaxaca (Ver Figura 6).



Figura 6. Estudio etnográfico.

Las entrevistas se realizaron en espacios de trabajo (Madres y Padres) y en los hogares (Niñera y Abuelas). A continuación se presentan los resultados del estudio:

- El 80% de los adultos conocen el peso de sus niños, sin embargo el 90% desconoce su propio peso.
- El 60% de los niños no consumen alimentos saludables, debido a los malos hábitos alimenticios de los adultos, los cuales se transmiten a los infantes.
- La mayoría de los padres considera que la relación con sus hijos es adecuada, sin embargo desconocen el tipo de alimentación que siguen.
- Para compensar la falta de convivencia con sus hijos, los padres les ofrecen premios como: comida chatarra, juguetes, videojuegos y actividades al aire libre en fines de semana.
- El 100% de los usuarios disfruta el uso de la tecnología, la consideran necesaria y útil. Los abuelos expresaron que el refrigerador es uno de los aparatos más utilizados en el hogar.
- El 100% de los adultos no realiza actividad física de manera constante. En el caso de los niños su actividad es moderada.
- El 100% de los adultos consume bocadillos entre comidas, como: chocolates, panes, refrescos, dulces, frutas, frituras, entre otros y los comparten con los niños.

En el estudio etnográfico se observa que la mayoría de los padres están olvidando la tarea de alimentar y cuidar la salud de sus hijos, han disminuido el tiempo de convivencia y creado hábitos poco saludables; también el ritmo de trabajo ha provocado que descuiden su propia salud y alimentación. Por tanto, la propuesta de solución debe enfocarse a beneficiar principalmente a los niños con ayuda de los adultos.

Diseño

Considerando los puntos anteriores, se clasifica a los usuarios en tres tipos: primarios (Abuelos/Niñeras), encargados del cuidado de los niños; secundarios (Padres), proveedores económicos del hogar; y terciarios (Niños), quienes son afectados por las acciones de los adultos.

La propuesta de solución es un sistema interactivo inteligente que estará instalado en el refrigerador de los usuarios, debido a que es el electrodoméstico que se ha posicionado como una necesidad en los hogares, influyendo en la decisión de los alimentos a consumir (Ver Figura 7).

El sistema interactivo inteligente se denomina “Kenap’Naaá”, de la lengua prehispánica zapoteca de Oaxaca, que significa “cuida de mí / cuídame” en referencia a cambiar el futuro de los niños.

Kenap’Naaá tiene como objetivo fomentar una alimentación balanceada para niños y adultos, atraer la atención de los padres para que se preocupen por la salud de sus hijos y fortalecer los lazos de convivencia.

Especificaciones y funcionalidades

Kenap’Naaá se conforma por una pantalla touch screen con cámara integrada, sensor de movimiento con detección de gestos 3D, báscula Wi-Fi ultra Slim, 5 cámaras internas y comunicación inalámbrica (Ver Figura 7).

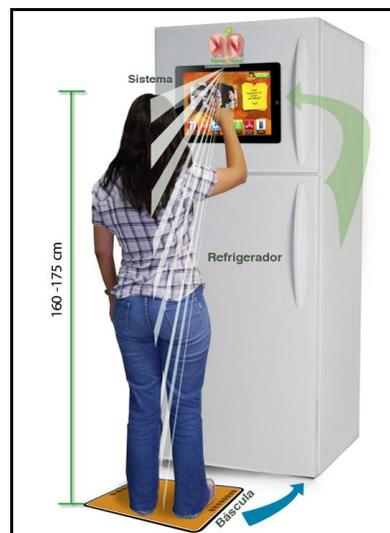


Figura 7. Prototipo interactivo Kenap’Naaá.

El sistema en particular consta de 7 funcionalidades principales (Ver Figura 8B), se describen a continuación:

- **Mi Peso:** Muestra el peso actual e ideal, un historial de peso y alimentos consumidos, estatura, IMC y el estatus de peso (normal, propenso a sobrepeso, sobrepeso, propenso a obesidad y obesidad).
- **Mi familia:** Presenta un árbol con los integrantes de la familia, indicando el estado de salud, peso, estatus de peso e historial de comidas de cada uno de ellos, se pueden añadir nuevos integrantes, proporcionando: edad, parentesco y nombre.
- **Mi salud:** Ofrece un diagnóstico general de la salud (posibles enfermedades), en base a ello enlista distintos médicos y especialistas que se pueden consultar, también muestra recomendaciones alimenticias y de ejercicios.
- **Mis recetas:** Muestra recetas de cocina para niños y adultos, agrupadas en almuerzo, comida y cena. La receta especifica los ingredientes a utilizar, beneficios de cada uno, tiempo de preparación y proceso de realización.
- **Ejercicio:** Sugiere una lista de ejercicios simples y rápidos de realizar, los beneficios y el proceso.
- **Entretenimiento Familiar:** Muestra una lista de libros para padres y niños que fomentan la convivencia familiar.
- **Mi Refri:** Muestra los alimentos disponibles, estadísticas de consumo familiar e individual, alimentos agotados, notas, fotografías y la sincronización con teléfonos inteligentes.

Construcción

La construcción del sistema incluye 2 fases: prototipo en papel (wireframe) y prototipo funcional (Axure). La iconografía que se utiliza es resultado de las evaluaciones y estudios anteriores y los colores empleados para el estatus de peso son: verde (ideal), amarillo (preventivo) y rojo (peligro), por la relación con el semáforo. La información que utiliza el sistema proviene de fuentes como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y organismos de salud en México.

Funcionamiento

Cuando un usuario se aproxima al refrigerador se muestra el menú principal, pues detecta al mismo con ayuda de la cámara frontal (obtiene su estatura) y el tapete que funge como báscula registra el peso, información que es enviada al sistema para calcular el IMC que se guardará en su historial. El sistema cuenta con cámaras internas (reconocimiento de objetos) que identifican los alimentos que se extraen o se guardan en el refrigerador, permitiendo la actualización del mismo. Podemos resumir este procedimiento en 5 pasos (Ver Figura 8):



Figura 8. A, B, C y D Funcionamiento Kenap Naaá.

1) El usuario se aproxima al refrigerador y lo que muestra el sistema es el protector de pantalla (Ver Figura 8A). 2) El sistema detecta al usuario y coloca en alerta sus dispositivos. 3) Se muestra el menú principal, y el sistema automáticamente actualiza el peso y calcula el IMC cuando el usuario pisa el tapete (Ver Figura 8B). 4) En caso de que el usuario elija la opción “Mi Salud”, el sistema ofrece la respuesta asociada y muestra la pantalla correspondiente (Ver Figura 8C). 5) Si en este apartado se selecciona la opción “Alimentos Sugeridos”, el sistema proporciona la información referente a las recetas recomendadas (Ver Figura 8D).

Evaluación

Para evaluar la propuesta de solución, estructura del sistema, funcionalidades e iconografía se realizaron 2 tipos de evaluación: Mago de Oz y Prototipo Interactivo.

En la primera fase, se efectuaron 11 pruebas de usabilidad (1 Abuela, 7 Madres y 3 Padres), las cuales se realizaron en

oficinas y hogares de los usuarios, utilizando capturas de pantalla (prototipo impreso en papel) que dan la apariencia real del sistema (pruebas de Mago de Oz) (Ver Figura 9).



Figura 9. Pruebas de Mago de Oz.

Las tareas que debían realizar fueron: interpretar la función de cada icono, consultar su estado de salud, revisar una receta de cocina, medir su peso y conocer su IMC, consultar actividades de entretenimiento familiar, opciones de ejercicio y el historial de consumo.

En esta evaluación, el 97% de las tareas fueron completadas por los usuarios, el 80% de los iconos se interpretaron correctamente y el 100% de las personas mostró interés en el sistema ya que expresaron su deseo por acercarse a sus hijos, conocer su salud y procurar una alimentación saludable para la familia. También consideraron adecuado incluir la hora y fecha en la interfaz principal así como la actualización constante de las recetas (Ver Figura 10).

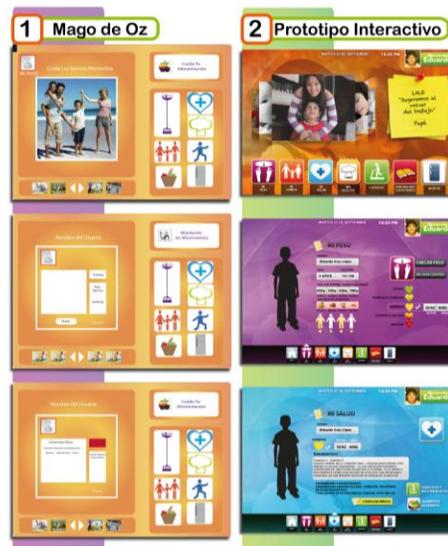


Figura 10. (1) Interfaz antes de las pruebas. (2) Retroalimentación y Mejoras (Mago de Oz).

Considerando los resultados de la evaluación, se realizaron las siguientes mejoras: se hizo un rediseño gráfico general para que el sistema resultara más atractivo y con esto crear un sentido de pertenencia en los usuarios; para lograr una mejor comprensión de la iconografía se realizó un rediseño

de los iconos iniciales; los usuarios consideraron adecuado que en los apartados relacionados con su salud se reportara la evolución de su peso, una representación gráfica, historial de alimentos consumidos, estatus de peso, sugerencias de ejercicios y alimentos dependiendo del diagnóstico de salud arrojado por el sistema; finalmente se añade la funcionalidad de “Aprendiendo a ser Padres”.

Como segunda fase de evaluación se realizaron 9 pruebas (4 Padres, 2 Madres y 3 Abuelas), mismas que se efectuaron en oficinas y hogares (cocina) de los usuarios utilizando un prototipo interactivo constituido por: carcasa (refrigerador) e interfaces (diseñadas en Axure), simulando las funcionalidades del sistema (Ver Figura 11)



Figura 11. Pruebas de Prototipo Interactivo.

Las tareas que se realizaron fueron las siguientes: identificar el entendimiento de los iconos, realizar consultas del estado de salud, consultar el recetario, los ejercicios y las actividades de entretenimiento que pueden realizarse en familia.



Figura 12. (1) Interfaz antes de las pruebas. (2) Retroalimentación y Mejoras (Prototipo Interactivo).

Los resultados mostraron que el 91% de la iconografía fue comprendida por los usuarios y todos completaron las tareas, también expresaron su preocupación por la obesidad y el futuro del proyecto. La utilización de la tecnología touch screen se considera adecuada, ya que no se presentó ningún problema (Ver Figura 12).

A continuación se mencionan las mejoras realizadas: el contenido de las secciones se reorganizó para su mejor visualización; debido a que los usuarios no asociaban el icono de corazón con sobrepeso u obesidad se sustituyó la imagen por un perfil humano en todas las secciones que lo contenían.

FACTIBILIDAD

En México, la condición de obesidad es una problemática latente que ha afectado a la población. Por tal motivo, surge la necesidad de idear nuevas propuestas de solución. Kenap Naaá es una alternativa que está diseñada para mejorar la calidad de vida de las familias. El costo de los implementos físicos del dispositivo requerido es de \$21,000 MX. Sin embargo, el total de la inversión inicial para el desarrollo del proyecto asciende a \$233,578 MX, esta cifra incluye costos en infraestructura, software (Modelo Cocomo básico), horas trabajadas y salarios vigentes.

Considerando que la obesidad es una problemática de carácter social que impacta en el gasto público y en el desempeño laboral de las personas, el gobierno y la iniciativa privada pueden absorber parte del costo del sistema, a fin de que éste sea viable para las familias.

CONCLUSIÓN

La solución que se plantea, monitorea la alimentación de los niños, informa a los adultos, crea buenos hábitos alimenticios, fomenta un sentido de responsabilidad y motiva a la familia a tener un futuro saludable.

Kenap Naaá ayudará a enfrentar el problema del sobrepeso y la obesidad, mejorando la calidad de vida y formando una nueva generación de personas saludables.

REFERENCIAS

1. Centro Médico ABC. La Obesidad en México, 2012. <http://www.abchospital.com/articulos/item/2012/03/12/1a-obesidad-en-m%C3%A9xico>
2. Estadísticas, Obesidad y Sobrepeso en el estado de Oaxaca, Gobierno estatal, 2012. <http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?p=650>
3. Fundación EROSKI, Consumer. La obesidad, 2012. <http://saludydeporte.consumer.es/enfermedadydeporte/obesidad/index.html>
4. Organización Mundial de la Salud (OMS). Obesidad y Sobrepeso, 2012. http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood_why/es/index.html
5. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), (2009), pág. 6 <http://www.oecd.org/health/healthpoliciesanddata/49716427.pdf>
6. Harper, R., Roddem, T. “Being Human”. *Human – Computer Interaction in the year 2020*, Microsoft Research Ltd, págs. 58-63

Motivando la activación física infantil por medio de un videojuego educativo

Arantxa Y. Villaseñor IHCLab Facultad de Telemática Universidad de Colima arantxa_villasenor@ucol.mx	Bárbara P. Muro IHCLab Facultad de Telemática Universidad de Colima pao_muro@ucol.mx	Eneida M. Sánchez IHCLab Facultad de Telemática Universidad de Colima eneida_sanchez@ucol.mx	Joel Hernández IHCLab Facultad de Telemática Universidad de Colima joel_hernandez@ucol.mx
---	---	---	--

RESUMEN

En la actualidad, México tiene el segundo lugar en los países con mayor índice de obesidad en su población con el 30%. Uno de cada tres niños que cursan la primaria padece obesidad y sobrepeso siendo así México el 4to lugar en obesidad infantil a nivel mundial.

El objetivo general de esta propuesta de diseño es crear un videojuego en el que el niño refuerce su conocimiento en la materia de Historia y en forma simultánea realice ejercicio y mejore sus hábitos alimenticios.

Palabras clave

Activación física, obesidad infantil, juegos educativos.

ACM Classification Keywords

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces, input devices and strategies, user-centered design.

General Terms

Human Factors.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, México tiene el segundo lugar en los países con mayor índice de obesidad en su población con el 30% [1]. Uno de cada tres niños que cursan la primaria padece obesidad y sobrepeso [2] siendo así México el 4to lugar en obesidad infantil a nivel mundial [1].

Según explica Rossi [3] en su artículo, el sedentarismo y el consumo de alimentos con una alta cantidad de calorías son unas de las principales causas por las que los niños mexicanos han dejado de realizar actividades físicas. “La falta de espacios públicos y recreativos a causa del crimen en las ciudades y el país genera que las posibilidades de ocio basado en computadoras, televisiones y juegos electrónicos sea una de las principales maneras en la que las personas pasen su tiempo cotidiano” [3].

Por estas razones surge la necesidad de proponer una solución tecnológica que motive a niños a activarse físicamente y llevar una vida más saludable, mostrando que la tecnología no es sólo una fuente de ocio. En el pasado, los juegos de computadora habían sido tachados como una distracción de actividades “más importantes” como hacer la tarea o jugar fuera de casa. Hoy en día, en lugar de cerrar las puertas en las escuelas a los videojuegos, existe un

interés creciente en investigar si los videojuegos podrían ofrecer un nuevo y poderoso recurso para apoyar el aprendizaje de los niños [4].

Para el área de los videojuegos deportivos y la salud, productos comerciales exitosos como *EyeToy Kinetic* de Sony o *Wii Fit*, *Wii Sports* y *Your Shape* de Nintendo, muestran el potencial de esta área en cuanto a motivación y entretenimiento para mejorar la salud [5].

El objetivo general de esta propuesta de diseño es crear un videojuego en el que además de que los niños se activen físicamente y mejoren sus hábitos alimenticios, refuercen sus conocimientos en la escuela.

CONOCIENDO EL CONTEXTO DE LA OBESIDAD INFANTIL

Para poder entender las razones del por qué existe un índice tan alto de obesidad infantil se diseñaron tres entrevistas diferentes: para niños, para padres y para profesores.

El objetivo es conocer el contexto del niño en cuanto a hábitos alimenticios y actividad física. Como complemento también se preguntó la opinión de los tres roles hacia la enseñanza a través de videojuegos, así como el obtener un consenso de la materia académica más adecuada para el diseño del prototipo.

Metodología

Se aplicaron las entrevistas (ver Figura 1) a una muestra de 27 niños de 9 a 12 años, a uno de sus padres (muestra total de 27 padres) y 7 profesores de nivel primaria que están frente a grupos de 3° a 6° grado de primaria.

En la entrevista para niños se preguntó edad, grado escolar, la materia de su menor interés, sus actividades deportivas, su dieta alimenticia, su relación con las consolas de videojuegos, así como las actividades físicas de su mayor agrado.

A los padres de familia se les preguntó su profesión, cantidad y edad de los hijos, las actividades deportivas que realizan individualmente y en familia, su dieta alimenticia, la actitud de sus hijos hacia las actividades físicas y cuál es su opinión con respecto a que sus hijos utilicen videojuegos.

La entrevista para los profesores preguntaba la materia de menor interés en los alumnos, la aceptación de sus alumnos

hacia realizar actividades físicas durante la sesión didáctica, cuanto conocimiento tiene acerca de los videojuegos y su opinión en cuanto a la posibilidad del uso de videojuegos como métodos de enseñanza en las materias que él considere requieran un refuerzo.



Figura 1. Aplicación de entrevistas.

Resultados

De la información recabada se obtiene que para 10 de los 27 niños entrevistados (37%), historia es la materia de su menor agrado (ver Figura 2).

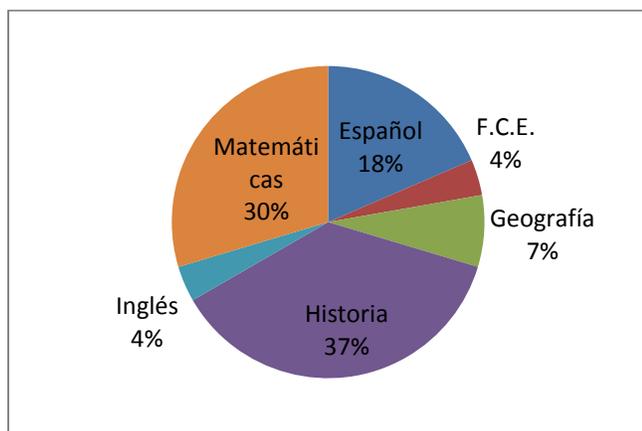


Figura 2. Materia de menor agrado para los alumnos.

Respecto a las actividades físicas y deportivas de los niños, se obtuvo que el 60% de ellos realizan estas actividades fuera de la escuela, y que en promedio ejecutan dicha actividad 3 veces por semana.

El 74% de los niños cuenta con una consola de videojuegos, 20 de 27 niños entrevistados, y su tipo de videojuego favorito son los relacionados con pasar misiones.

Finalmente se concluye que al 78% de los niños sí les gustaría aprender su materia de menor agrado con el apoyo de un videojuego.

De los padres de familia, 13 realizan alguna actividad física de manera individual y de estos, el 62% también lo hace en familia. De los 14 padres restantes que no realizan actividad física de manera individual, sólo el 36% si lo hace en familia.

De los 27 padres de familia entrevistados, 2 de ellos no motivan a sus hijos a realizar alguna actividad física. Estos 2 padres no hacen deporte individualmente ni en familia.

Respecto a sus hijos, 15 padres de familia nos expusieron que sus hijos muestran una actitud de entusiasmo hacia la actividad física, 6 muestran aceptación y a 6 les es indiferente.

En relación a la opinión de los padres de familia acerca del uso de videojuegos como apoyo a la enseñanza, al 89% les parece una buena idea.

De los 7 maestros entrevistados, al preguntarles las materias de menor interés para los alumnos y cuál sería la más favorecida con la implementación en un videojuego, obtuvimos un empate entre las materias de Historia y Matemáticas con 3 votos cada una para la primer pregunta y 4 votos cada una para la segunda pregunta (los maestros podían mencionar más de 1 materia para cada pregunta).

La opinión que se obtuvo acerca de que si sería de provecho el uso de un videojuego para la ayuda en la enseñanza fue a favor en todos los maestros, a pesar que el 71% de ellos no tiene experiencia con videojuegos.

ESTADO DEL ARTE

Según la investigación realizada por Mainer [6] los videojuegos pueden desempeñar una función educativa. En [4] se menciona que existen muchos videojuegos educativos o de apoyo a la enseñanza. El uso de estos en la escuela puede desarrollar habilidades como: planeación, pensamiento estratégico, mejora en la comunicación, aplicación de números, mejora de toma de decisiones.

Al utilizar un videojuego un usuario adquiere los 5 aprendizajes significativos, según la teoría de Gagné [7]:

- **Destrezas motoras:** Durante un videojuego el usuario puede aprender y realizar nuevos movimientos.
- **Información verbal:** El videojuego posee información verbal que a su vez debe ser procesada por el usuario.
- **Destrezas intelectuales:** Los usuarios aprenden a conectar la información dada y crean redes de significados.
- **Actitudes:** El jugador tomará una ética moral del juego con los demás usuarios.
- **Estrategias cognoscitivas:** Se potencializa la memoria y lectura del usuario.

Videojuegos educativos desarrollados en México

Mecapumble. Videojuego educativo desarrollado por la empresa Mexicana Nibbo, el cual ayuda a los niños de 6 años y más a aprender la manera correcta de escribir a máquina [8].

Agente antibacterial. Es un videojuego cuyo propósito es dar a los niños una rápida visión general de una bacteria jugando por medio de una pantalla táctil [9], en menos de un minuto debe de eliminar los gérmenes y bacterias de la corriente sanguínea (ver Figura 3 lado izquierdo) con

toques continuos. Al terminarse el juego se le da al niño información sobre los gérmenes y bacterias (ver Figura 3 lado derecho).



Figura 3. Agente antibacterial.

Videojuegos que integran ejercicio

Los juegos digitales que combinan ejercicios con juegos son conocidos como *exergames*. Estos juegos pueden mejorar la salud de los jóvenes y proveer beneficios sociales y académicos. Los *exergames* aumentan la quema de calorías, el ritmo cardiaco y la coordinación [10].

World of Workout. Como se muestra en la Figura 4, es un exergame móvil que motiva a los jugadores a caminar y ayudarles a dar un seguimiento a sus actividades físicas diarias [5].



Figura 4. World of Workout.

ErgoActive. Es un conjunto de mini juegos para hacer deporte y mejorar la salud usando un ergómetro e integrando directamente parámetros vitales de un jugador en el juego [5].

SunSportsGo. Este juego usa acelerómetros para reconocer movimientos e intensidades. Es un videojuego para múltiples jugadores que el cual combina deporte y tecnología de juegos [5]. Similar a un biatlón, el jugador alternadamente corre o dispara a objetivos (ver Figura 5).

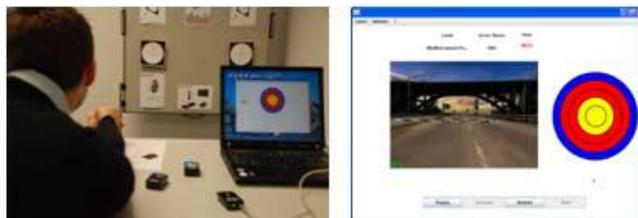


Figura 5. SunSportsGo.

En contraste con estos trabajos, nuestro objetivo es crear un videojuego que provea un apoyo más amplio a los hábitos saludables. Hemos decidido usar la metáfora de una historieta ya que es un concepto bien conocido por los niños [11]. Se ha previsto que a través de dicha historieta los niños aprendan a mejorar sus hábitos alimenticios, llevar un control de su índice de masa corporal (IMC) y al mismo tiempo aprendan la historia de México involucrándose directamente en ella dentro de la historieta en forma de videojuego.

EL VIDEOJUEGO

El prototipo tiene la finalidad de ser un videojuego capaz de reconocer movimientos y gestos, además de poder calcular el IMC. Para esto se apoyará con la tecnología Kinect [12].

El videojuego tendrá como función activar físicamente a los niños haciendo ejercicio mientras aprenden, así como llevar un seguimiento de su IMC que será actualizado cada vez que el jugador utilice éste videojuego, y a la par ir desarrollando la historia principal del videojuego que son misiones con temática referente a lo visto en la materia de historia.

Se decidió utilizar la materia de historia a partir de los resultados de las entrevistas aplicadas a los niños, los cuales indican que esta materia era la de menor agrado para los alumnos de 5° y 6° grado de primaria, también tomando en cuenta que fue la materia en empate en primer lugar que los maestros consideran adaptable a la realización de un videojuego educativo. Se decide que es factible usar esta materia con el programa para 5° grado ya que en los alumnos entrevistados de 6° grado no se notó una amplia variación entre las dos materias principales que mencionaron, en contraste con los alumnos de 5° que si se notó una amplia variación con las demás materias.

LA HISTORIA

El videojuego abarcará los temas del primer bloque de contenidos del libro de texto gratuito [13] de la materia de historia, dado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para quinto grado de primaria.

Trama

El personaje principal es un niño muy curioso e hiperactivo. La historia comienza cuando el personaje va jugando con una pelota en su trayecto de regreso a casa y de repente la pelota sale disparada hacia la ventana de una casa y rompe el vidrio. El personaje entra por la ventana tras su pelota y

se da cuenta que está dentro de una habitación muy oscura, comienza a caminar y enciende la luz de la habitación, activando una alarma. El personaje se asusta y comienza a correr buscando una salida de la casa, cuando sin esperarlo se topa con un científico y éste comienza a sacarlo de la casa mientras lo regaña y le grita que jamás vuelva ahí.

El personaje pese al regaño del científico decide volver a entrar a la casa, con el objetivo de regresar por su pelota y averiguar qué hay en la casa. Una vez dentro, se vuelve a encontrar con el científico (ver Figura 6) y le ruega que le explique qué es todo eso. Después de un rato de tratar de convencer al científico, éste accede y le revela que nada adentro del laboratorio es importante, sólo una cosa: una máquina del tiempo. El científico le explica que él está tratando de recuperar partes de la historia de México que gracias al antagonista de la historia se han perdido y que es importante recuperarlas porque si no comenzarán a desaparecer personas, familias y lugares importantes que sucedieron en esa época.

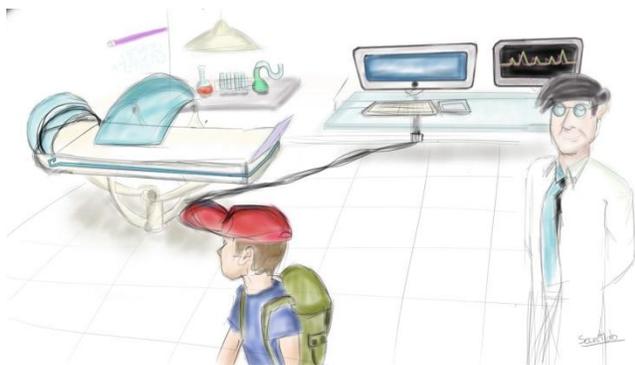


Figura 6. Propuesta gráfica del videojuego.

El científico le ofrece al personaje principal ayudarlo con su misión, la cual el niño acepta ya que es importante para la Historia de México. El científico le explica cómo funciona la máquina y que durante las misiones se encontrarán obstáculos que tendrá que superar y no creer en lo que le diga el antagonista de la historia ya que si hace caso a este podría ser muy peligroso. El niño ingresa a la máquina del tiempo, en este momento aparecen las diferentes misiones que tiene que pasar para reconstruir la Historia de México, el niño selecciona la primera misión y la máquina lo traslada a dicha época para comenzar el aprendizaje en el tema.

Bonus (extras)

A lo largo de las diferentes misiones que se van presentando en el videojuego, aparecerán frutas y verduras (ver Figura 7, lado izquierdo) que le darán energía a nuestro personaje para seguir avanzando.

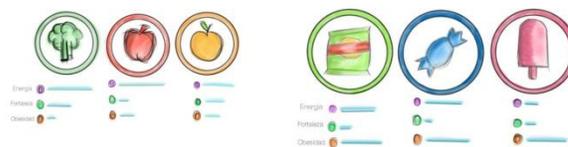


Figura 7. Frutas y verduras - comida chatarra.

El personaje tendrá que tener cuidado de no equivocarse y agarrar comida “chatarra” (ver Figura 7, lado derecho), pues ésta comida a pesar de que sí da energía y fortaleza hará que el personaje en la historia avance más lento y no cumpla su objetivo.

El antagonista

Perezus, quien es el antagonista del videojuego, se dedica a bombardear de comida chatarra, a nuestro personaje principal impidiendo su paso a través del camino, haciendo bajar su fortaleza física y distrayéndolo de cumplir los objetivos principales.

Misiones

El videojuego tendrá 1 misión llamada “Una Aventura Independiente”, la cual está compuesta de 8 sub-misiones, las cuales el usuario tendrá que ir completando una a la vez para poder pasar a la siguiente. Las sub-misiones contienen referencias históricas, las cuales fueron recopiladas del libro de texto de la materia de historia [13] otorgado por la SEP a los alumnos de 5° grado de primaria. A continuación de describen 3 sub-misiones de la misión 1:

Plan de Iguala. Intentando decidir cómo sería el sistema de gobierno y leyes en México, el general Agustín de Iturbide y Vicente Guerrero deciden pactar el Plan de Iguala.

Nuestro personaje tendrá la simular que corre a lo largo de su trayecto para llegar a tiempo a la firma del Plan de Iguala (ver Figura 8). Durante el trayecto, el personaje tendrá que ir saltando obstáculos como piedras, pozos, simular que escala una barda que impide el paso a pueblos cercanos y esquivar civiles que se oponen a la idea de que México sea gobernado como monarquía.

A la par que nuestro personaje realiza su trayectoria, tendrá que ir saltando para obtener los objetos que serán necesarios para llegar a su objetivo, como son pequeñas constituciones que serán necesarias para lograr el objetivo.

Nuestro personaje interactuará con los generales y al final en la pantalla aparecerá la simulación de un documento que será el Plan de Iguala, mostrando la fecha del día que se firmó, y características importantes del tema.



Figura 8. Plan de Iguala - Propuesta gráfica.

Primer Presidente. Después de que Iturbide renuncia a ser el primer Emperador de México y huye del país, el congreso decide hacer a México una República Federal, y surge la primera carta magna de nuestro país “Constitución de 1824”.

Nuestro personaje se encontrará con 2 dianas para jugar tiro con arco. Aquí el niño tendrá que simular que usa un arco y ejercer resistencia hasta que el videojuego le permita lanzar la flecha. Nuestro personaje tendrá que ganar la competencia de tiro con arco lanzando flechas hacia la diana perteneciente a Guadalupe Victoria, y así lograr que el insurgente gane las elecciones convirtiéndose en el primer presidente de México.

Vicente Guerrero al mando. Una vez terminado el mandato de Guadalupe Victoria, entra al poder Vicente Guerrero. Vicente Guerrero tuvo que expulsar a miles de españoles y hacer efectiva la abolición de la esclavitud.

Nuestro personaje tiene que llegar con Vicente Guerrero y entregarle el documento oficial en el que se pacta la abolición de la esclavitud. Para esto, el personaje tendrá que ir esquivando a los miles de españoles que lo quieren detener, al igual que esquivar los grilletes que le lanzarán los españoles.

El usuario tendrá que saltar, moverse hacia la izquierda, derecha, doblar su cuerpo, agacharse simulando que esquiva todos los objetos.

Al cumplir con su camino y llegar con Vicente Guerrero nuestro personaje interactuará con él, y al final en la pantalla aparecerá la simulación de un documento que será pacto de la abolición de la esclavitud, mostrando la fecha del día que se firmó, y características importantes del tema.

ESCENARIO DE USO

Para ilustrar la funcionalidad del videojuego, a continuación se presenta un escenario de uso (ver Figura 9) que describe cómo un niño interactuaría con el videojuego:

Juanito es un alumno de 10 años que cursa el 5to grado de primaria y asiste a la escuela Benito Juárez. En esta escuela los alumnos del 5to grado reciben clases de Historia en la cual se incluye el uso de un videojuego educativo que utiliza la tecnología Kinect para el refuerzo

de los conocimientos. El maestro de Juanito tiene asignada una clase a la semana exclusivamente para el uso de esta tecnología.

Hoy es miércoles y es día que tienen la clase asignada para el uso del videojuego, los alumnos acuden a un aula especial que cuenta con 5 Kinect. El maestro pasa a 5 alumnos y Juanito está entre ellos. El maestro enciende el videojuego, Juanito toma la posición de Jugador y como no es la primera vez que juega, Juanito selecciona su perfil creado anteriormente y el maestro ingresa los datos de peso y la estatua de Juanito para actualizarlos, con estos datos el videojuego calcula su masa corporal para continuar con el seguimiento del alumno. Juanito selecciona el bloque 1 “Una aventura independiente” mediante el movimiento de manos y a su vez de este bloque selecciona la etapa “Plan de Iguala”. Iniciando el juego, Juanito corre a lo largo del trayecto para llegar a tiempo a la firma del Plan de Iguala. Durante el trayecto, Juanito salta obstáculos como piedras y pozos, simula que escala una barda que le impide el paso a pueblos cercanos y esquiva civiles que se oponen a la idea de que México sea gobernado como monarquía. Mientras Juanito realiza su trayectoria, salta para obtener los objetos que son necesarios para llegar a su objetivo, por ejemplo pequeñas constituciones. En la parte superior del juego aparecen los alimentos necesarios para ser más fuerte, los alimentos son los siguientes: frutas, papitas, dulces y paletas. Juanito debe seleccionar el alimento adecuado para que le de energía (las frutas) y poder continuar con su recorrido. Juanito llega al final del trayecto y en la pantalla aparece la simulación del Plan de Iguala, mostrando la fecha del día que se firmó y características importantes del tema. Juanito termina de una manera satisfactoria la etapa.

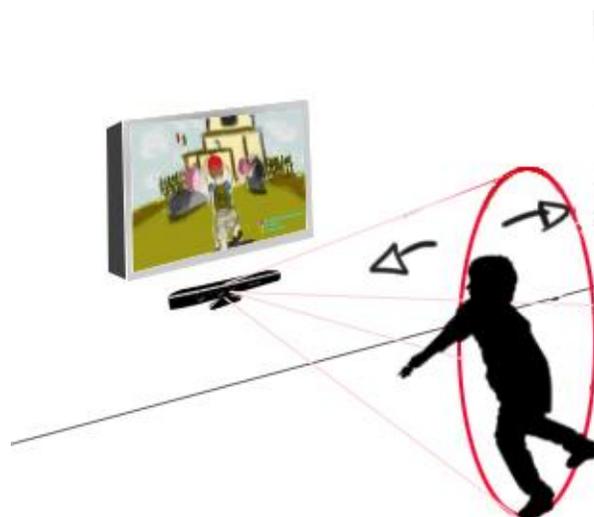


Figura 9. Ilustración del escenario de uso.

DISEÑO DEL SISTEMA

Para poder lograr las funcionalidades propuestas para el videojuego se ha decidido utilizar la tecnología llamada Kinect, la cual le permitirá al usuario interactuar con el

videojuego. A continuación se describe la arquitectura del sistema.

Arquitectura del sistema

Los componentes de la arquitectura (ver Figura 10) se describen a continuación:

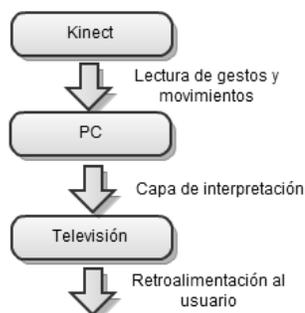


Figura 10. Arquitectura del sistema.

- **Televisión:** será el dispositivo de salida en el cual el usuario podrá visualizar el videojuego y la retroalimentación que éste le da de sus movimientos.
- **Kinect:** será el dispositivo de entrada que lee los gestos y movimientos del usuario.
- **PC:** será el hardware que recibirá las lecturas detectadas por el Kinect y las procesará. De la misma manera, es el dispositivo que lee y reproduce el videojuego.

CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Se ha presentado la propuesta de diseño de un videojuego educativo que refuerce los conocimientos adquiridos en la materia de historia en alumnos de 5° grado de primaria y que simultáneamente motive en ellos la actividad física y les enseñe sobre tener una buena alimentación, esto con el propósito de combatir la obesidad infantil.

El videojuego propuesto utilizará la tecnología Kinect, la cual es un sensor para interpretar los movimientos y gestos del jugador, por lo cual permite a la persona ser el control mientras juega.

Como trabajo a futuro se pretende desarrollar un prototipo del sistema propuesto y hacer pruebas con usuarios para medir los resultados en tres áreas: disminución de índice de masa corporal, refuerzo de conocimientos de la materia de historia y evaluación de su conocimiento sobre el buen comer; esto en comparación con un grupo que no interactúe con la tecnología propuesta. Así como ampliar a las diferentes materias y grados, ya que el actual grupo y materia seleccionados serán de utilidad para validar la propuesta de diseño.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Mtro. Pedro César Santana Mancilla por su guía para la realización de esta investigación.

Agradecemos a Héctor Quintero y Nashielly Merlín por haber participado en la lluvia de ideas sobre el concepto.

REFERENCIAS

1. Centro de Nutrición, Obesidad y Alteraciones Metabólicas. (12 de Marzo de 2012). Centro Médico ABC. Obtenido de Centro Médico ABC: <http://www.abchospital.com/articulos/item/2012/03/12/1a-obesidad-en-m%C3%A9xico>
2. Macías, V. (8 de Enero de 2012). Obesos, uno de cada tres niños en México. El economista, págs. <http://eleconomista.com.mx/sociedad/2012/01/18/obeso-s-cada-tres-ninos-mexico>.
3. Rossi, R. R. (2 de Agosto de 2006). La obesidad infantil y los efectos de los medios electrónicos de comunicación. Guadalajara, Guadalajara, México.
4. Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). Report 8: Literature Review in Games and Learning. FUTURELAB SERIES.
5. Stefan Göbel, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, Ralf Steinmetz: Serious Games for Health - Personalized Exergames. In: Proceedings ACM Multimedia 2010, p. 1663-1666, October 2010. ISBN ISBN: 978-1-60558-933-6.
6. Mainer, B. (2006). Icono 14. Recuperado el 2012 de 08 de 02, de http://www.icono14.net/revista/num7/articulos/belen_mainer.pdf
7. Gagné, R. M. (s.f.). Recuperado el 04 de 08 de 2012, de <http://mennta.hi.is/starfsfolk/solrunb/gagne.htm>
8. Nibbo. (2007). Recuperado el 03 de 08 de 2012, de <http://pier.guillen.com.mx/nibbo.htm>
9. Nibbo. (2009). Recuperado el 03 de 08 de 2012, de <http://pier.guillen.com.mx/nibbo.htm>
10. Staiano, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for Physical Education Courses: Physical, Social, and Cognitive Benefits. Child Development Perspectives, 5 (2), 93-98.
11. Garzotto, F., Paolini, P., & Sabiescu, A. (2010). Interactive Storytelling for Children. International Conference on Interaction Design. España.
12. Microsoft Corp. Redmond WA. Kinect for Xbox 360.
13. Reyes Tosqui, C. A., Carpio Pérez, A., Osornio Manzano, L., Alatorre Reyes, D., Llanes Arenas, L., Miranda Pacheco, S., y otros. (2011). Los primeros años de la vida independiente. En P. Ávalos Quintero, Historia. Quinto grado (págs. 9-39). México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos.

SMAC - Sólo por hoy Muévete Aliméntate y Cuídate: Aplicación SMS para motivación física y de orientación nutricional que combate el sedentarismo en oficinas

Wendy Yaneth García Martínez
Universidad Tecnológica de la Mixteca
Maestría en Medios Interactivos
Huajuapán de León, Oaxaca
wawinawen@gmail.com

Eduardo Nila Cortez
Universidad Tecnológica de la Mixteca
Ingeniería en Diseño
Huajuapán de León, Oaxaca
nila_cort@hotmail.com

RESUMEN

SMAC es una aplicación que mediante mensajes SMS alienta y motiva a personas sedentarias (oficinistas) a realizar ejercicios de bajo impacto y saber cómo alimentarse adecuadamente.

Su propósito es combatir el sedentarismo mediante la filosofía “sólo por hoy” de tal manera que el usuario aprenda a seleccionar y consumir alimentos variados en la proporción adecuada, así como a fijarse metas diarias que lo lleven a lograr una vida saludable.

Palabras clave

Sedentarismo, obesidad, sobrepeso, nutrición, hábitos alimenticios, ejercicio, oficinistas, UCD.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sedentarismo es considerado un estilo de vida. Actividades al parecer tan inocuas como: ver televisión, jugar videojuegos, usar computadoras así como navegar en internet, nos han llevado a vivir sentados gran parte del día. Aunado a ello, la falta de recursos económicos para consumir una dieta balanceada y la alta disponibilidad de alimentos baratos densamente energéticos (véase Figura 1), al paso del tiempo conllevan a la población en general a un aumento de peso, derivando en problemas de salud como: diabetes, obesidad, cáncer de colon, hipertensión arterial, depresión y ansiedad, entre otros.



Figura 1. Algunos ejemplos de alimentos densamente energéticos, cada día más baratos y disponibles en la región de estudio.

En México, el sobrepeso y la obesidad son problemas que afectan a cerca del 70% de la población. De los cuales, 71.9% (alrededor de 24,910,507 personas) son mujeres y 66.7% (representativos de 16,231,820 personas) son hombres, todos ellos mayores de 20 años de edad con algún grado de sobrepeso u obesidad [5].

Lo anterior implica un gasto mayor por atención médica, tanto para la persona como para el Sistema de Salud Pública en costos directos; además de pérdidas en costos indirectos para la economía poblacional debido a la disminución de productividad laboral por muerte prematura y discapacidad. Se estima que para el período 2008-2017 los costos directos pasen de 42,246 a 77,919 millones de pesos, mientras que los costos indirectos pasen de 25,099 a 72,951 millones de pesos [1,7].

PROBLEMÁTICA

Obesidad y Sedentarismo

La obesidad se da como resultado de un desequilibrio entre la ingesta de alimentos (productos con alta densidad energética y bajos en fibras) y el gasto energético (escasa actividad física). Beatriz Boullosa, representante de la Alianza por una Vida Saludable dice que “la falta de orientación es causante de que los mexicanos no sepan distribuir las comidas a lo largo del día y calcular las porciones de los platillos, como resultado de ello, comen en exceso” [6].

Por otro lado, el sedentarismo derivado de la vida moderna asociado a la urbanización, al crecimiento económico, al uso de la tecnología para la realización del trabajo cotidiano, así como a los estilos de vida y de recreación (preferir los juegos electrónicos y la televisión a realizar ejercicio físico) alimentan la obesidad de los mexicanos.

En el 2011, sólo en el estado de Oaxaca, los Servicios de Salud (SSO) y la delegación estatal del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), detectaron -en unidades de primer nivel de atención- a 45 mil personas con obesidad en una proporción de: 3 de cada 10 niños, 4 de cada 10 adolescentes y 7 de cada 10 adultos; de los cuales 11,761 personas se encontraban recibiendo tratamiento médico por problemas relacionados con el sobrepeso y la obesidad [7].

De seguir con esta tendencia seremos un estado obeso y enfermo (con diabetes, hipertensión, etc). Sin embargo, con respecto al Acuerdo Nacional de Salud [1], con sólo modificar 3 comportamientos podemos cambiar nuestro futuro. Esto es:

- 1) Evitar el sedentarismo, el cual influye en la carga de morbilidad por su correlación con otros factores de riesgo, en particular la obesidad;
- 2) Modificar hábitos alimenticios inadecuados en las familias, lo cual se trasmite de padres a hijos y son influenciados por factores como: la geografía, las costumbres, la capacidad de compra, la información disponible, la selección y preparación de los alimentos, entre otros; y
- 3) Modificar la forma en que consumimos dichos alimentos así como aumentar la cantidad de agua potable que se bebe al día.

Un grupo de personas propensas a la obesidad son los oficinistas dadas las actuales condiciones de trabajo: pasan la mayor parte de la jornada laboral sentados frente a una computadora, por lo general no se alimentan a sus horas y además no lo hacen de manera adecuada, y al término de la jornada no se ejercitan argumentando cansancio mental y físico. Si a ello le agregamos el nivel de ansiedad que conlleva el estrés y que los hace comer aún más, tenemos un caso de sedentarismo culturalmente aceptado.

METODOLOGÍA

Con el objeto de conocer el comportamiento de este tipo de personas -sedentarias, oficinistas y con sobrepeso u obesidad- se aplicó la metodología Extended User Centered Design (Diseño Centrado en el Usuario versión Extendida -UCD por sus siglas en inglés) mediante las siguientes 5 etapas: entendimiento, estudio, diseño, construcción y evaluación (véase Figura 2) [8].

Entendimiento

Según datos facilitados por la Jurisdicción Sanitaria No. 5, en la Mixteca Oaxaqueña hay por lo menos 717 personas con sobrepeso u obesidad, de las cuales se estima que el 20% trabaja haciendo uso de una computadora y en oficina. Sin embargo, estos datos no representan el total de la población en la Región Mixteca.

Por su parte, el Dr. Jesús Alberto Borraz Rivera, nutriólogo del Hospital Rural Oportunidades No. 18 (HRO18) comenta que en dicha unidad al menos el 80% del personal tiene sobrepeso. Dentro de la infraestructura del HRO18 los trabajadores cuentan con servicio de comedor donde los menús son preparados por el mismo nutriólogo. Al percatarse este del problema de sobrepeso existente en la unidad, decidió cambiar los menús reduciendo la ingesta de calorías diarias. Sin embargo, el personal se quejó ante el Sindicato por esta acción, el cual ordenó que se volviera al menú anterior argumentando que no es importante que la gente tenga sobrepeso siempre y cuando estén contentos en su área de trabajo.

En base a esta información, se decidió hacer el estudio en dicha unidad dada la muestra representativa; además de ser una unidad médica que cuenta con todo lo necesario para que su personal tenga el peso adecuado, pero esto se desaprovecha por la falta de conciencia ante las implicaciones que el sobrepeso genera.

Bajo este escenario, la solución propuesta deberá considerar que son usuarios con alto grado de sedentarismo así como tomar en cuenta la falta de tiempo para realizar actividades físicas de alto impacto. No se debe perder de vista los malos hábitos alimenticios que se tienen no sólo como oficinistas sino como mexicanos en general, por lo que se deberá implementar una forma sencilla y fácil de enseñar a comer de manera saludable y en las porciones adecuadas.

Específicamente, se buscarán formas de motivación diarias (*sólo por hoy*) para que el usuario comience a *moverse*, *alimentarse* y *cuidarse* con la finalidad de que reduzca de manera paulatina la cantidad de peso extra.

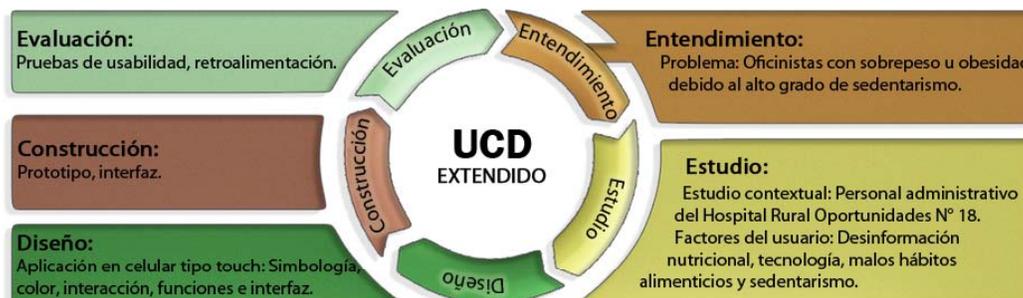


Figura 2. Metodología UCD Extendida aplicada a la solución de diseño

Estudio

La planeación de la solución final se basó en la comprensión del usuario, lo cual se obtuvo a partir de lluvia de ideas con respecto a la información recabada en las entrevistas realizadas a dos nutriólogos: Nutriólogo General del HRO18 y Licenciada en Nutrición Humana de la Unidad de Especialidades Médicas (UNEMES); así como a personal médico: Epidemiólogo de la consulta externa en el HRO18 y la Médica General responsable de la UNEMES en la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca.

En esta fase de investigación se observó que de manera general las personas: desconocen la información nutricional de los alimentos (cantidad de proteínas, grasas y azúcares en cada uno de ellos) así como el contenido energético por porción que se puede consumir; se hizo notar la falta de conciencia con respecto a las posibles enfermedades que surgen a raíz del sobrepeso; la falta de información sobre cuándo y cómo realizar ejercicio de tal manera que no implique riesgo para la persona p.e. no realizar actividad física en ayunas; que la convivencia y competencia ayuda y motiva a que se vuelvan casos de éxito; que la forma en la cual la persona se ve en fotografías y videos genera un sentimiento de aceptación o rechazo en sí mismo.

La observación se llevó a cabo mediante estudio contextual a 5 oficinistas que laboran en el HRO18 dadas las características de los mismos (sedentarios y con sobrepeso, véase Figura 3). Durante el mismo nos percatamos de que el 75% de las personas estudiadas tienen celulares tipo *touch*, todos ellos saben descargar imágenes a su computadora y saben enviar y recibir mensajes multimedia.

Diseño

La solución propuesta consiste en una aplicación que mediante el envío de mensajes SMS en un lapso de tiempo estimado de 2 horas, aliente e instruya al usuario bajo la filosofía *sólo por hoy* a cambiar su estilo de vida sedentaria así como a modificar sus hábitos alimenticios.

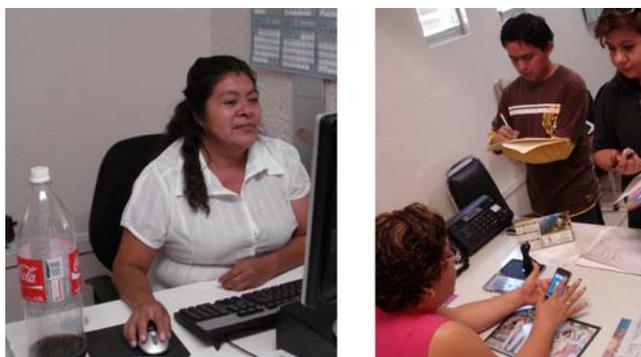


Figura 3. Realización del estudio contextual con Oficinistas del HRO18.

La filosofía *sólo por hoy* se usa como base en grupos de autoayuda para la atención a problemas como: la drogadicción, el alcoholismo, la neurosis e incluso con problemas alimenticios, “aprendemos que el hoy es un regalo sin garantías; con esto en mente, tanto la insignificancia del pasado y del futuro, como la importancia de nuestras acciones presentes, se hacen realidad para nosotros” [3,4].

La elección de esta filosofía se debe a que, cuando concentramos nuestros pensamientos en el día de hoy, nos fijamos una meta próxima que sabemos es más fácil de cumplir. El *sólo por hoy* es aplicable a todas las áreas de nuestra vida dado que nos enfrenta con la realidad partiendo de una base diaria. Así, una persona con sobrepeso u obesidad puede fijarse como meta el que sólo por hoy camine una cuadra más, sólo por hoy no consuma productos altamente energéticos o bien, sólo por hoy cuide y atienda su salud. lo que a la larga conllevará a la obtención de un mejor estilo de vida repercutiendo en una buena salud.

La aplicación proveerá al usuario de *tips* (notas informativas) para orientarlo sobre la mejor manera en que se puede alimentar, le sugerirá ejercicios de bajo impacto que ayuden a reducir el estrés tanto dentro como fuera de la oficina y, le mostrará un avance o retroceso visual en el cumplimiento de sus metas personales.

Se decidió llamarla *Sólo por hoy Muévete Aliméntate y Cuidate* (SMAC por sus siglas principales) de tal manera que indique las características relevantes que se pretenden cubrir con dicha aplicación (véase Figura 4).

Características

La aplicación correrá en teléfonos celulares tipo *touch* en base a que, como se mencionó anteriormente, en estudio contextual se observó que la mayoría de los usuarios cuentan con este tipo de tecnología además de que las cualidades del mismo facilitan la recepción/reproducción de mensajes multimedia.



Figura 4. Menú principal de SMAC. El usuario podrá cambiar su configuración o acceder al historial de tips, ejercicios o equivalencias en caso de requerirlo.

SMAC consiste de 3 funciones principales:

- Informar al usuario de que es momento de *moverse* por un lapso no mayor de 5 minutos durante el cual se le mostrarán 3 ejercicios de bajo impacto que le ayuden a reducir el estrés, el dolor de espalda y eliminar la flojera con la finalidad de que el usuario, al comenzar a sentir los beneficios que brinda el ejercicio, se motive a aumentar la cantidad diaria del mismo mediante metas establecidas por él (véase Figura 5a).
- Informar a través de tips sobre cómo *alimentarse* de manera adecuada, proporcionar al usuario equivalencias calóricas de comida altamente energética con respecto a otros productos más saludables, así como otro tipo de información p.e. no dejes pasar más de ocho horas sin comer, porque lo siguiente que comas lo transformarás en grasa. Fomentar el consumo de agua potable y alentar a que evite las bebidas con altos contenidos de azúcar, con esto se pueden reducir hasta en un 60% las calorías que se consumen al día (véase Figura 5b).
- Motivar mediante la proyección de una imagen del usuario (a 3 ó 6 meses) donde se visualice delgado en caso de cambiar sus malos hábitos día a día (*cuidarse*) ó en su defecto, se visualizará más gordo como una forma de generar conciencia en él y de una vez tome la decisión de que este ya no sea más su presente/futuro.

Una función extra será el registro de la cantidad de movimiento diario que genere el usuario mediante el uso de un podómetro, el cual se indicará a través de colores del rojo al verde (RGB) en una barra animada que dependerá de la equivalencia a correr de 30 a 60 minutos diarios.

Construcción

Cada una de las interfaces de SMAC se diseñan en base a los requerimientos observados durante el estudio contextual.

- Simbología: Se hace uso de elementos cotidianos con los que interactúan los oficinistas, en esta aplicación se emplean post-it y clips. Así como los objetos básicos de aplicaciones tipo software como lo son: barra de desplazamiento y flechas de navegación.



Figura 5a y 5b: a) Rutina de bajo impacto para reducción de estrés (izquierda) proporcionada por la Dra. Carolina Santiago - UNEMES, b) Tip de equivalencia diario (derecha) proporcionado por la LNH. Cristel Cruz - UNEMES

- Color: El color base en cada interfaz es azul (excepto en las equivalencias calóricas) dado que por su aspecto psicológico este es: sensitivo, conservador, calmante, inhibe el hambre así como disminuye la tensión muscular y es universalmente preferido [9]. En las equivalencias calóricas se opta por colores pastel dado que provocan hambre en lugar de antojo.
- Interacción: Se hace uso de audio y video de tal manera que el usuario comprenda mejor la forma en que se deberá realizar el ejercicio propuesto. En caso de querer visualizar una vez más algún tip, equivalencia o rutina esto se podrá hacer mediante la barra desplazadora.

Funcionamiento

La forma en que se usará SMAC es la siguiente:

- Al activar por primera vez la aplicación, el usuario deberá registrar sus datos (nombre, peso, altura, sexo, horario de trabajo, correo electrónico, preferencias, etc) para así poder llevar un registro de su avance/retroceso con respecto a las metas diarias (véase Figura 6). Esta ventana sólo se desplegará la primera vez o mediante la opción de configuración ubicada en el menú principal.
- Cada determinado tiempo (en un lapso no mayor de 2 horas según lo indique el usuario) le llegará algún tipo de mensaje a su celular:
 - Con tips sobre cómo y qué comer; equivalencias calóricas con respecto a productos densamente energéticos; recordatorios para tomar agua potable así como los beneficios de ello; sugerencias de ejercicios fáciles de realizar en el hogar, mientras se realizan compras de mercado o mientras se espera a alguien; entre otros.
 - Con rutinas de 3 tipos diferentes de ejercicio de bajo impacto para realizar en la oficina que motive al usuario a moverse por al menos 5 minutos.



Figura 6. Interfaz de registro para los datos del usuario

- Al final del día y en base a la cantidad de movimiento que se haya registrado en el podómetro, se enviará la imagen simulada del futuro próximo del usuario (véase Figura 7). Con ello se pretende lograr que el usuario se motive en base a los beneficios ganados (reducción de estrés, disminución de ansiedad, reducción de peso, entre otros).

Evaluación

Para verificar que la simbología empleada en las interfaces fuera clara al usuario se realizó una primera evaluación con 5 oficinistas del HRO18 con características como tener sobrepeso u obesidad y cuya edad oscilara entre los 30-50 años, haciendo uso de la técnica de Mago de Oz, la cual consiste en simular el comportamiento que tendría la aplicación mediante prototipos de baja fidelidad.

Prueba de usabilidad 1

Las tareas a realizar fueron: desplegar el tip diario, ejecutar el ejercicio propuesto, interpretar en voz alta el ejemplo de equivalencia calórica mostrado y expresar en voz alta la sensación o sentimiento que su imagen simulada le transmitía.

Retroalimentación 1

Los comentarios proporcionados por la mayoría de los usuarios fue: veían la flecha de despliegue del tip pero no intuían su uso, relacionaban la información dada en el tip con la información mostrada en el post-it (véase Figura 8a); no veían diferencia entre su imagen inicial y simulada ni que el icono estaba subrayado indicando el antes o después; en las equivalencias, no relacionaban la igualdad representada por el signo = (véase Figura 9a). Para corregir dicha percepción se decidió eliminar el tip en la parte superior y desplegarse como un post-it emergente (véase Figura 8b), el cual mediante sonido le indicará al usuario que tiene un mensaje nuevo esperando a ser leído.

Se optó por mover la imagen a la parte superior así como a agregar texto indicando *¡si te comes! Equivale a:* para que entiendan la equivalencia calórica que ambos productos representan (véase Figura 9b). Con respecto a su imagen simulada se decidió hacer más agresivo el cambio de tal manera que se percibiera al instante. Finalmente cabe destacar que, aunque los usuarios entendieron la manera en que se debía realizar cierto ejercicio de bajo impacto, ellos prefieren que se muestre como un mensaje multimedia (con audio y video).

Prueba de usabilidad 2

Una vez realizados los cambios sugeridos y observados, se volvió a consultar con los mismos usuarios de la prueba 1 para verificar que las nuevas interfaces fueran más claras y fáciles de usar.

Retroalimentación 2

Los usuarios indicaron que las interfaces les resultaban más gratas, supieron identificar rápidamente el significado de la simbología empleada y se sintieron motivados a cambiar sus malos hábitos a tal grado, que nos han pedido más tips y ejercicios diarios.

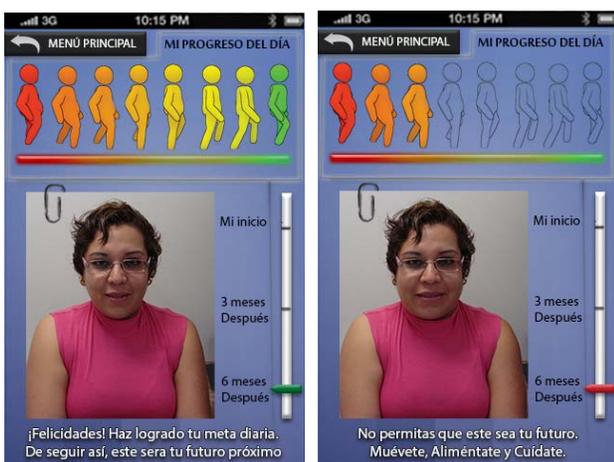


Figura 7. Imagen simulada del usuario con nivel de éxito (izquierda) o con nivel de fracaso (derecha)



Figura 8a y 8b. a) Interfaz inicial de despliegue del tip diario, b) Interfaz final de despliegue del tip diario.



Figura 9a y 9b. a) Interfaz inicial de equivalencia calórica (izquierda), b) Interfaz final de equivalencia calórica (derecha)

ALCANCE Y COSTO DE LA SOLUCIÓN

A pesar de que SMAC se diseñó para oficinistas, bien puede ser usada por todas aquellas personas que al pasar muchas horas sentadas (porque su trabajo así lo exige p.e. chóferes, recepcionistas, empleados de banco, etc.) elevan su nivel de estrés y ansiedad, lo que se deriva en bajo rendimiento y productividad así como al consumo de alimentos altamente energéticos. Y dado que la aplicación considera funcionalidades extras, como lo es el uso de un podómetro, este puede ser usado por personas que deseen correr o llevar un control de la cantidad de pasos que dan a diario. Por lo que SMAC contribuye a lograr que quien lo usa tenga una mente activa y un mayor nivel de bienestar a la vez que – en base a las notas informativas – se le enseña a comer lo necesario de una manera balanceada.

La tendencia en México es la compra de smartphones con un mercado de 815 modelos diferentes a la fecha [2], en base a ello, se realizó un estudio financiero para verificar la viabilidad y factibilidad de SMAC de lo cual se obtuvo que, con una inversión de \$90,583.25 y un costo capital de 7.5% semestrales, se obtiene un VAN de \$25,012.72 MXN. La TIR del proyecto es de 0.44 anual con una recuperación de inversión en un lapso de 1 año y 6 días con la venta de 500 descargas a un costo único de \$50.00. Como SMAC es una aplicación que fue pensada para personas adultas económicamente activas consideramos que es una aplicación rentable y viable.

CONCLUSIONES

Ser una persona saludable no es sinónimo de llevar una vida llena de restricciones sino de estar conscientes sobre las implicaciones que los malos hábitos alimenticios y el sedentarismo conllevan, para así tomar la decisión diaria de alimentarnos en base a las porciones necesarias y realizar alguna actividad física en beneficio de nuestra salud.

Es deber personal el prestar atención a la selección, preparación y consumo de los alimentos que nos brinden una dieta suficiente, equilibrada, variada, inocua, completa y adecuada a nuestras características y gustos. Es importante no perder de vista la relevancia que el ejercicio sostiene con respecto al desequilibrio energético que da lugar al sobrepeso y la obesidad. Con los quehaceres de la casa o subir y bajar escaleras por ejemplo, se pueden quemar igual número de calorías que si nos ejercitáramos en una escaladora o en una bicicleta elíptica, por lo que no es del todo necesario gastar en aparatos o gimnasio (en caso de que el pretexto fuera el dinero) o requerir de espacios donde poder realizar ejercicio.

A través de la metodología empleada (UCD Extended) nos dimos cuenta del grave problema que como mexicanos tenemos, la falta de interés por conocer los conceptos nutricionales así como las porciones adecuadas a nuestra etnia; esto dio pie a la planeación y diseño de SMAC, la cual brinda a los usuarios una herramienta fácil de utilizar, accesible e intuitiva donde a través de la tecnología motive a quien lo usa a lograr una meta diaria que lo lleve a la

reducción de peso mediante la filosofía ¡*Sólo por hoy, Muévete, Aliméntate y Cuídate!*.

Durante el proyecto nos percatamos de que los usuarios observados comenzaron a realizar ejercicios de bajo impacto motivando a sus compañeros de oficina para realizarlos de manera conjunta, a la vez que compartían la información mostrada (tips) durante las pruebas de usabilidad de lo cual se derivó la confianza ante la factibilidad del uso e impacto de nuestra solución propuesta.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Jesús Alberto Borraz Rivera, al Dr. Javier Pérez R, la Dra. Carolina Santiago Hernández y la LNH. Cristel Vanesa Cruz Gómez pertenecientes al HRO18 y las UNEMES respectivamente, por la información y el apoyo proporcionado para la sustentabilidad de la propuesta. Así como al personal administrativo del Hospital Regional Oportunidades No. 18 IMSS – Huajuapán de León, Oaxaca por el entusiasmo y apoyo otorgado durante la realización de las pruebas de usabilidad.

REFERENCIAS

1. Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria (2010). Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad. Secretaría de Salud. México. Obtenido en: <http://www.avs.org.mex/docs/AcuerdoNacionalSaludAlimentaria.pdf>
2. Alan Vargas (Julio, 2011). Estadísticas sobre dispositivos móviles en México. Obtenido en: <http://www.conecti.ca/2011/07/06/estadisticas-sobre-dispositivos-moviles-en-mexico/>
3. Confraternidad de AA (1997). Libro Azul de Alcohólicos Anónimos. AA World Services, Inc.
4. Confraternidad de NA (1995). Solo por hoy en Guía de Introducción a Narcóticos Anónimos, Revisado. Narcotics Anonymous World Services, Inc.
5. ENSANUT (2006). *Encuesta Nacional de salud y nutrición*. Instituto Nacional de Salud Pública. México. Obtenido en <http://www.insp.mx/ensanut/ensanut2006.pdf>
6. Mala dieta y sedentarismo: fórmula fatal (Agosto,2007). El Universal. México. Obtenido en: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/288840.mala-dieta-y-sedentarismo-formula-fatal.html>
7. Obesidad en Oaxaca (2012). Servicios de Salud de Oaxaca, Gobierno del Estado de Oaxaca. Obtenido en: <http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/sp/?p=650>
8. Richard Harper, Tom Roddem. *Being Human*. Human Computer Interaction in the Year 2020, Microsoft Research Ltd pg 59.
9. Temas para la Educación (Noviembre, 2010). Revista digital para profesionales de la enseñanza. No. 11. Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía.

Videjuegos para el Fomento de Actividades Físicas

**Díaz Rodríguez
J. Rafael**

rafaeldiaz87@gmail.com

**Herrera Martín del
Campo Francisco Antonio**

fco.otaku@gmail.com

Ruiz Díaz Erika

dukie31@gmail.com

Vaca Lázaro Tanya Cecilia

tanyavaka7@gmail.com

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

RESUMEN

Las problemáticas de sobrepeso y obesidad están fuertemente ligadas al sedentarismo. En particular, las nuevas generaciones se ven directamente afectadas por diversos cambios tecnológicos que han contribuido a hacer que el sedentarismo persista, un factor son los videojuegos [10]. Este trabajo propone un nuevo enfoque en el uso de los videojuegos, para combatir el sedentarismo mediante la integración de una aplicación en un dispositivo móvil que permita fusionar el mundo virtual con el real, ya que los retos físicos (personalizados) propuestos se realizaran en diferentes espacios, de acuerdo a las actividades y entorno cotidiano del usuario.

Palabras clave

Sobrepeso, obesidad, sedentarismo, videojuegos, juegos de rol, caja de arena, actividades físicas.

SALUD Y OBESIDAD

En la actualidad la obesidad ya no es solamente un problema de estética e imagen, sino que se considera un problema alarmante de salud pública debido a la gran incidencia y prevalencia en nuestro país y el mundo. La obesidad se ha convertido en una epidemia a nivel mundial; es importante destacar que México se encuentra en los primeros lugares de habitantes con este padecimiento. Se estima que el 70% de la población presenta sobrepeso y obesidad iniciando desde etapas prescolares y escolares [11].

Podemos definir obesidad como un incremento excesivo y anormal de grasa corporal, que altera las funciones biológicas, psicológicas y sociales del ser humano [7]. Existen diferentes alteraciones biológicas ocasionadas por la obesidad, entre ellas: diabetes Mellitus 2 (que ocupa el segundo lugar de causa de muerte en México), accidente vascular cerebral, hipertensión arterial, insuficiencia venosa y cardiopatías isquémicas que ocupan el primer lugar de causa de muerte en el mundo. Dentro de las alteraciones psicológicas se encuentran la depresión, crisis de ansiedad, inseguridad, problemas de baja autoestima, total falta de aceptación por no cumplir con los estereotipos y exigencias de nuestra sociedad. Estas situaciones afectan el desarrollo biológico y social de los individuos que presentan esta enfermedad.

Michoacán se encuentra dentro de los primeros 10 lugares con problemas de obesidad a nivel nacional. Actualmente se estima que el 41% de los jóvenes mayores de 20 años son

víctimas de sobrepeso y obesidad (ver Figura 1), siendo una cifra demasiado alarmante para nuestro sistema de salud actual y futuro [9].

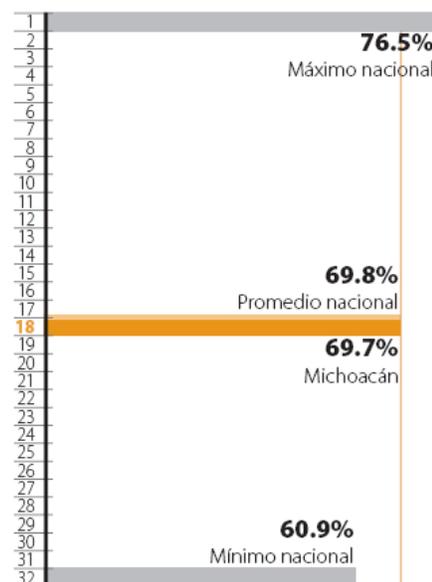


Figura 1. Ubicación de la prevalencia estatal de exceso de peso (sobrepeso más obesidad) en población adulta (20 años o más). México, ENSANUT 2006.

Para identificar el sobrepeso y porcentaje de acumulación de grasa en el cuerpo, se utiliza el índice de masa corporal (IMC) que es igual al cociente del peso (en kilogramos), entre el cuadrado de la estatura (en metros). Se clasifica de la siguiente manera: entre 18.5 y 24.9 se considera peso ideal; entre 25 y 29.9 se indica sobrepeso; de 30 a 34.9 la existencia de obesidad grado I; entre 35 y 39.9 obesidad grado II; y obesidad grado III, o mórbida, cuando el IMC es mayor, o igual, a 40 [8].

La obesidad es una enfermedad de origen multifactorial entre ellos la genética, cultura, sedentarismo, sociedad, publicidad, educación, situación económica, estrés, etc. No es un problema exclusivo de algún sexo, ni de localidades urbanas o rurales pues ambas presentan grandes cambios y diversidad cultural (ver Tabla 1) [9].

El mayor reto para nuestra sociedad es el de crear una conciencia en sus integrantes con respecto a la situación que vivimos actualmente en materia de salud, para lo cual es

necesario transmitir el conocimiento respecto a la alimentación y los beneficios de realizar actividades físicas con el objeto de combatir el sedentarismo y evitar la obesidad.

de juego agradó a un 63% de los jugadores, mientras que el resto se mostró dudoso, pero con buena actitud para darle una oportunidad al diseño final.

VIDEOJUEGOS

Los videojuegos en la actualidad son considerados como una rama del entretenimiento; el modo de juego es pieza fundamental en el desarrollo del mismo, ya que en ocasiones uno sencillo y divertido implica una conexión de satisfacción y aceptación del juego.

La interacción entre los videojuegos tradicionales estaba limitada originalmente a que el jugador se sentara frente al televisor durante largas sesiones sin desarrollar un esfuerzo físico importante. Durante el último lustro se han comenzado a comercializar consolas y aditamentos que rompen con esa barrera; como una manera de revertir el problema de sobrepeso y obesidad, las consolas como Nintendo Wii, PlayStation 3 con PlayStation Move y Xbox 360 con Kinect, pueden convertirse en un estímulo para abandonar el sedentarismo sin salir de casa, y estar en movimiento, gracias a que su interfaz es rápida y precisa los usuarios se mantendrían en forma, pues son los movimientos físicos los que determinan los movimientos virtuales; pero estos juegos no son personalizados, es decir, no se adaptan a las necesidades ni condición física del usuario.

El objetivo es mostrar que una tecnología (como los videojuegos) tiene un uso mucho más vasto que el entretenimiento y, que además éste último puede ser parte de un estilo de vida saludable [1]. La educación es fundamental para transformar la conciencia que se tiene sobre la salud, calidad de vida y alimentación.

Elementos del videojuego

Los videojuegos se pueden clasificar en diferentes géneros dependiendo de su representación gráfica, el tipo de interacción entre el jugador y la máquina, la ambientación y su sistema de juego, siendo este último el criterio más habitual a tener en cuenta.

Entre los géneros de los videojuegos se encuentra el no lineal o sandbox (palabra del inglés que significa “caja de arena”, y que en el ámbito de los videojuegos se refiere al “ambiente libre” en el que se trabaja). Tiene como característica que el jugador puede elegir el orden de las misiones o viajar libremente por el mapa del videojuego, e interactuar con casi todo lo que esté a su disposición. En un juego no lineal, a veces no hay historia, ésta será escrita por las acciones del jugador.

Los videojuegos de este tipo se desarrollan en un mundo abierto, en donde el jugador puede moverse libremente por un mundo virtual (basado en la exploración), es decir, no existe una manera correcta de jugarlo.

RPG es un género dentro del ámbito de los videojuegos, el acrónimo RPG proviene del inglés Rol Playing Game o

Condición	Masculino				Femenino				Ambos sexos			
	Total (miles)	Número (miles)	%	IC95%	Total (miles)	Número (miles)	%	IC95%	Total (miles)	Número (miles)	%	IC95%
	Etotal											
Denutación	4381	94	1.1	(0.42;9)	1387.4	26.1	1.9	(1.1;3)	2225.4	35.6	1.6	(1.2;5)
Adecuado	4381	2609	31.1	(26.2;36.5)	1387.4	338.6	27.3	(23.6;31.3)	2225.4	6795	28.7	(25.2;32.6)
Sobrepeso	4381	249.2	41.7	(36.3;47.2)	1387.4	504.7	36.4	(32.6;40.3)	2225.4	9539	38.4	(35.7;41.1)
Obesidad	4381	210.6	28.1	(20.9;32.1)	1387.4	479.9	34.4	(30.1;39.1)	2225.4	4964	31.3	(27.3;35.5)
Sobrepeso+obesidad	4381	567.8	47.7	(42.2;52.9)	1387.4	984.6	70.8	(66.5;74.5)	2225.4	15504	69.7	(66.7;71.1)
Obesidad abdominal	4381	516.5	64.5	(57.8;70.6)	1298.3	1154.3	85.1	(81.2;88.3)	2099.5	16208	77.2	(73.3;80.7)
	Localidades urbanas											
Denutación	5803	85	1.5	(0.5;4.1)	978.7	209	2.1	(1.1;4.0)	1559.1	293	1.9	(1.1;3.1)
Adecuado	5803	181.6	31.3	(25.2;38.1)	978.7	263.8	27.0	(22.5;32.0)	1559.1	4654	28.6	(24.2;33.3)
Sobrepeso	5803	222.1	38.3	(32.1;44.8)	978.7	358.0	36.6	(31.7;41.7)	1559.1	5801	37.2	(34.1;40.4)
Obesidad	5803	168.1	29.0	(23.0;35.8)	978.7	336.1	34.3	(28.8;40.0)	1559.1	5942	32.3	(28.2;36.8)
Sobrepeso+obesidad	5803	390.2	67.2	(60.1;73.7)	978.7	694.1	70.9	(66.1;75.3)	1559.1	10843	69.5	(65.1;73.7)
Obesidad abdominal	5574	358.9	64.4	(56.2;71.8)	912.2	792.2	86.8	(82.1;90.5)	1469.6	1151.1	78.3	(73.4;83.6)
	Localidades rurales											
Denutación	2573	1.0	0.4	*	408.6	5.3	1.3	*	666.4	6.2	0.9	*
Adecuado	2573	79.2	30.7	*	408.6	114.8	28.1	*	666.4	194.1	29.1	*
Sobrepeso	2573	127.1	49.3	*	408.6	146.7	35.9	*	666.4	273.8	41.1	*
Obesidad	2573	50.4	19.6	*	408.6	141.8	34.7	*	666.4	192.2	28.8	*
Sobrepeso+obesidad	2573	177.6	68.9	*	408.6	288.5	70.6	*	666.4	466.1	69.9	*
Obesidad abdominal	2438	157.6	64.6	*	388.0	312.1	80.9	*	629.9	469.7	74.6	*

Tabla 1. Distribución porcentual del IMC (OMS) en población adulta (mayor de 20 años de edad) en Michoacán, México.

METODOLOGÍA

- Desde la concepción de nuestra solución, se decidió utilizar técnicas correspondientes a un Diseño Centrado en el Usuario (DCU). El DCU es un enfoque de desarrollo de objetos que se centra en los usuarios finales de un producto. La filosofía básica de esa metodología es que los objetos deben de amoldarse a los usuarios, en lugar de que el usuario se tenga que adaptar al producto [2].
- Existen tres principios básicos del DCU: entender perfectamente a los usuarios y sus tareas, desarrollo de mediciones empíricas del uso del producto, y la utilización de un diseño iterativo. En el proceso de desarrollo de nuestro proyecto se realizó una investigación etnográfica, la creación de personas, y la creación de prototipos en blanco [4].

CAMPO DE ACCIÓN

Encuestas aplicadas a la población estudiantil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo revelan que el 59% tiene problemas de sobrepeso u obesidad. El 65% permanece de 5 a 15 horas del día sentados, el 63.5% pasan de 10 a 20 horas usando la computadora.

Los hombres tienen más gusto por los videojuegos que las mujeres y prefieren los juegos de estrategia, rol, deportes, arcadas y acción. Sin embargo, el 75% de la muestra total está dispuesta a usar una aplicación en el teléfono móvil basada en videojuegos para bajar y/o controlar su peso; es importante mencionar que 7 de cada 10 personas cuentan con un dispositivo adecuado (teléfono inteligente) para incluir la aplicación.

Se realizó también una prueba con un prototipo en papel a un grupo de videojugadores donde se observó que la mecánica

"juego de rol", es un juego interpretativo-narrativo en el que los jugadores asumen el "rol" de personajes imaginarios a lo largo de una historia o trama en la que interpretan sus papeles y describen sus acciones. No hay un guión a seguir, ya que el desarrollo de la historia queda por completo sujeto a las decisiones de los jugadores. Un aspecto que diferencia a los juegos de rol es que cada jugador interpreta a un personaje único y diferente, con personalidad y características distintas, estos elementos con el tiempo van ganando experiencia, hasta lograr un aumento de nivel, lo que conlleva a que el personaje finalice el juego.

PROPUESTA

Se tomó como base para desarrollar el videojuego, los géneros sandbox y rpg. El mundo real funcionará como la "caja de arena" y es en donde se realizarán las actividades físicas propuestas por la aplicación. Mientras que las cualidades del "juego del rol" permitirán efectuar un seguimiento en la evolución de los jugadores, la cual será definida por la cantidad de ejercicio realizado, cuyos beneficios se reflejaran en la condición física del usuario, el estado de ánimo y la disminución del peso.

La solución comprende crear un mundo virtual que sirva como enlace al mundo real, donde se realizarán y cumplirán objetivos basados en la ejercitación y reeducación de los hábitos alimenticios. Al usar por primera vez la aplicación, se pedirá al usuario que ingrese su peso y altura para calcular el IMC del jugador, ya sea de manera manual o con una báscula inteligente. A partir de esto, se le sugerirán las actividades físicas que sean más convenientes para él. Se proporcionará al jugador una amplia serie de retos (ver Figura 2) que le permitan elegir la manera de ejercitarse.

Una vez que el usuario decide aceptar un reto lo debe completar, al realizarlo su nivel y experiencia así como el número de retos finalizados se actualizarán. Cada reto otorgará diferente cantidad de experiencia dependiendo del número de calorías que se puedan quemar al realizarlo. Al ir acumulando experiencia subirá de nivel, y la aplicación comenzará a sugerir nuevos retos que impliquen mayor desempeño físico, de tal modo que éstos se vayan adecuando a las capacidades y resistencia del individuo. Si el usuario no logra finalizar un reto, no habrá penalización alguna para evitar dañar la motivación del jugador.

Ofrecer diversidad en los retos, permitirá crear actividades tanto individuales como grupales en las cuales el jugador podrá invitar a otros amigos a participar en algún reto, de tal manera que la aplicación pueda ser usada cada vez por más personas, pues es sabido que la compañía promueve y motiva a realizar una actividad física con mayor frecuencia.

Una vez que el jugador logre alcanzar el IMC adecuado, habrá concluido el juego; sin embargo, se quiere que el usuario permanezca saludable, para esto, se le permitirá crear nuevos retos ya que en base en su experiencia podrá

enriquecer la aplicación, y además se mantendrá atractiva tanto para él como para otros usuarios.

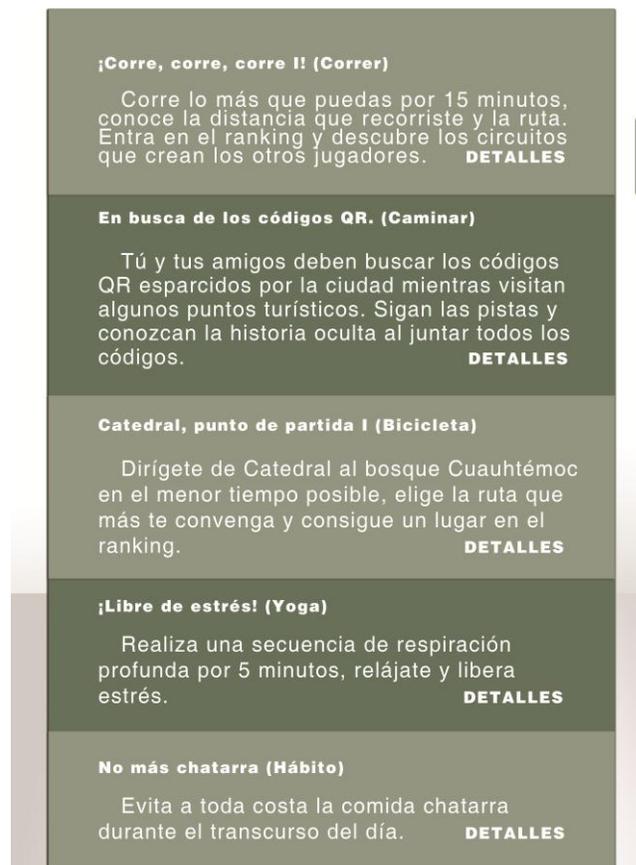


Figura 2. Listado de actividades dentro de la aplicación.

DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ

Método del diseño

La aplicación está diseñada para un teléfono inteligente sensible al tacto. El prototipo fue creado en base a la técnica de prototipos en blanco [5], que es aquel donde el proceso de desarrollo está basado en el prototipo de modelos en blanco, los cuales son prototipos de baja fidelidad producidos rápidamente por los participantes, en el estudio de usuario empleando materiales moldeables, accesibles y sencillos para representar las nociones respecto a un determinado diseño de software/hardware y mostrar cómo podría ser. Éste método se utiliza en las primeras etapas del diseño de productos para obtener las percepciones de los usuarios y los modelos mentales sobre los factores de forma de hardware y los controles de la interacción en relación con una interfaz de usuario del software.

Interacción del Usuario con el Sistema.

Al acceder a la aplicación por primera vez, le pedirá al usuario que ingrese los siguientes datos: nombre, sexo, peso (kg), altura (m). Una vez ingresados los datos se muestra al usuario la pantalla principal (ver Figura 3), donde encontrará

la sección de Avatar, Perfil, Actividades/Retos y Premios, que se describen a continuación:

Avatar. En este apartado el usuario podrá ingresar una foto con la que será reconocido entre la comunidad que utilice la aplicación.

Perfil. En esta sección se encuentra IMC, salud, nivel, experiencia, número de retos completados, últimos retos completados.

IMC. Es una medida que asocia el peso y la estatura del usuario, la cual sirve de referencia para designar las actividades/retos.

Salud. En esta ventana se observará el nivel de salud del usuario, el cual aumentará respecto a los retos que cumpla, para llegar a tener un nivel óptimo de salud. Dentro de la misma ventana se observa la frecuencia cardíaca, presión arterial y la tasa de mortalidad, la cual mostrará una aproximación del estado de salud del usuario, si continúa con sus hábitos alimenticios y de sedentarismo actual; así como un aproximado de los beneficios que conlleva el realizar actividad física y cuidar su alimentación. Por otra parte la frecuencia cardíaca y presión arterial son indicadores que ayudará a evitar una sobre ejercitación.

Nivel. Es una medida que indica cuánto ha avanzado el usuario en el juego y denota una jerarquía dentro de la comunidad. El nivel está ligado estrechamente con la adquisición de puntos de experiencia, los cuales permiten subir de nivel de acuerdo a la función $f(x) = \frac{e^{1.17x^2}}{3}$ que fue elegida experimentalmente de tal modo que el reto para subir de nivel se mantenga atractivo para los usuarios. Sin embargo, debe existir una penalización que empuje a los jugadores a darle continuidad a su actividad física, ya que un usuario puede tener un nivel alto en el juego pero que en un momento determinado interrumpa sus actividades físicas por un período largo en el que quizás recupere el peso perdido;

de este modo su nivel de juego no correspondería al IMC registrado. Es por esto que si el usuario no realiza ninguna actividad en un lapso de una semana disminuirá su nivel en una unidad. El sistema le presentará dos avisos en la semana a fin de evitar la disminución del nivel.

Experiencia. Son puntos que se obtienen en base al cumplimiento de retos, están ligados con las calorías gastadas y permiten subir de nivel y por ende, aumenta significativamente la tasa de mortalidad (barra de salud); también estos puntos, permiten obtener premios/recompensas.

Numero de Retos Completados. Indica al usuario la cantidad de retos completados satisfactoriamente.

Últimos Retos Completados. Muestra los últimos retos que han sido completados satisfactoriamente.

Actividades/Retos. Este apartado, contiene las actividades/retos disponibles en el juego, las cuales comprenden tanto la parte física, como la parte mental. El apartado físico esta descrito por ejercicios adecuados a las necesidades y requerimientos del usuario, los cuales tiene la finalidad de mejorar o mantener la condición física. El apartado consciente describe actividades de re-educación, dirigidas al usuario, las cuales tienen el propósito de inculcar una nueva forma de alimentación y ejercitación, propias y necesarias para alcanzar el objetivo de bajar y/o controlar el peso adecuado del usuario.

Actividades/Retos actuales. Muestra las actividades/retos elegidas por el usuario, dichas actividades/retos son descritas para informar el objetivo que se desea, denotando la cantidad de experiencia que se obtiene al realizarlo satisfactoriamente. Dentro de este apartado, el usuario podrá eliminar cualquier actividad/reto que haya elegido con anterioridad.



Figura 3. Pantalla principal de la interfaz.

Actividades/Retos recomendadas. Sugiere una lista de actividades/retos, en base a las actividades/retos completadas anteriormente, la finalidad de este apartado es evitar que el cuerpo del usuario se acostumbre a una misma rutina, se busca que el usuario tenga variedad de actividades y a la vez sea más dinámico.

Actividades/Retos en interiores. Muestra las actividades/retos sugeridas por el juego, en base a los elementos con los que cuenta un hogar, definiendo el objetivo a realizar y por ende la cantidad de puntos de experiencia que se obtiene al completarlo satisfactoriamente.

Mapa-Buscador. Esta sección ayudará al usuario a identificar dónde se realizan las actividades que haya elegido con anterioridad. Si es la primera vez que va a jugar o si no se tienen actividades por cumplir, se hará una sugerencia de actividades dentro del mapa. Alternativamente se pueden buscar retos libremente dentro del buscador.

Elegida la actividad/reto se desplegará la información de la actividad/reto que el usuario debe realizar así como la experiencia que proporciona realizarla, en caso de que el usuario acepte la actividad/reto, éste último se agregará al mapa; una vez completado se mostrarán los beneficios obtenidos, así como si aumentó de nivel y/u obtuvo un premio.

Premios/Recompensas. En esta sección el usuario encontrará todos los premios/recompensas que ha adquirido por el esfuerzo, al completar las actividades/retos que haya elegido. Los premios/recompensas son otorgados por una cierta cantidad de puntos de experiencia, dichos puntos de experiencia serán intercambiados por agua embotellada, cupones de descuento (restaurantes-comida sana), entradas al cine, que serán gestionados con las instituciones que combaten el sobrepeso y/u obesidad.

JUSTIFICACIÓN

Iniciarse en la actividad física no siempre es un acto placentero para las personas y, enfatizando a las que padecen sobrepeso, han sido sedentarias durante gran parte

de su vida. Se proponen actividades fáciles de integrar a sus labores cotidianas, dado que algunas forman parte de ésta [3].

Debido a que se cuenta con usuarios que tienen distinto nivel de sobrepeso, se pretende iniciar con actividades de acuerdo a su condición física, por ejemplo: caminar, trotar, correr, andar en bicicleta, realizar yoga, subir y bajar escaleras, etcétera. Para ello se considerará la condición física, horarios y lugares cercanos o frecuentados por el usuario.

La actividad de caminar, es uno de los ejercicios más populares, de fácil acceso, sin costo y con beneficios en la salud de quien los practica. Aunque las personas con obesidad lo realizan con poca frecuencia se trata de inducir el gusto por esta actividad con la finalidad de mejorar su estado de salud.

Correr, trotar, subir y bajar escaleras, son actividades que proporcionan grandes beneficios a la salud, ya que contribuyen a reafirmar diversos grupos musculares, así como mejorar el funcionamiento del sistema cardiovascular, sin necesitar de recursos económicos en su realización.

Andar en bicicleta provee una gran cantidad de beneficios al cuerpo humano, ya que se ejercitan los músculos de la espalda, abdomen, extremidades, además que ayuda al sistema inmunológico y cardiovascular; tiene aportaciones psicológicas y sociales, haciendo de ésta una actividad muy completa.

El yoga permite obtener un estado de equilibrio emocional y mental, además de ejercitarse, dado que el manejo de la respiración del usuario propicia un estado de relajación, lo que conlleva a un descenso en el estrés, baja autoestima y/o ansiedad que las personas con sobrepeso u obesidad pudiesen tener, logrando así un estado de satisfacción total.

Estas serán las actividades base, con las que se pretende desarrollar una versión Beta y posteriormente se analizarán más opciones que incrementen la profundidad del juego y satisfagan a los usuarios.

CONCLUSIONES

Pese a que existen claros indicadores de las consecuencias que conlleva el tener sobrepeso u obesidad, no se ha encontrado aún una solución ideal que detenga la epidemia. El presente trabajo sugiere una solución en la cual bajar de peso se presente de una manera más natural para videojugadores y no adeptos, integrando la actividad física en nuestra vida diaria de una forma más divertida y competitiva.

Las personas con problemas de sobrepeso están entusiasmadas en probar nuevos métodos que los ayuden a bajar de peso, lo cual resultó gratificante para nosotros convirtiéndose en un estímulo para desarrollar el software.

De las encuestas realizadas y de la experiencia empírica obtenida dentro del estudio, se observó que el apoyo humano es un factor decisivo para bajar de peso; se pretende sustentar esta idea en medida de lo posible ya que una comunidad potencializaría el uso de la aplicación y ayudaría a tener casos exitosos de ejercitación constante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecemos enormemente a los profesores de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas Luis Manuel Rivera Gutiérrez y de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas Dr. Ignacio Chávez, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: M.C. Cuauhtémoc Rivera Loaiza, Dr. Humberto Ruiz Vega, Dr. Ramón Camacho Delgado; a la diseñadora gráfica Julissa de la Torre Bucio y a Josué Daniel González Parra.

REFERENCIAS

1. Ben Sawyer, Games for Health Project.
2. Courage, C. and Kathy Baxter. *Understanding your users, a practical guide to user requirements*. Morgan Kaufmann. Amsterdam 2005.
3. García, Pedro R. Mitos del Ejercicio en el Control del Peso Corporal. G.S.S.I. Sports Science Exchange.
4. Gould, J.D. & C. Lewis. Designing for usability: Key principles and what Designers Think. *Communications of the ACM*. 2(1985). 300-311.
5. Jonathan Arnowitz, Michael Arent, Nevin Berger Efective. Prototyping for Software Makers.
6. Regina Bernhaupt. *Evaluating User Experience in Games, Concepts and Methods*. Springer 2010.
7. Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria. Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad. Acciones del Gobierno Federal. Secretaría de Salud, México D.F., primera Edición, Enero 2010.
8. Cartilla Nacional de Salud. Hombres y mujeres de 20 a 59 años.
9. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006, Resultados por entidad federativa, Michoacán.
10. La práctica del deporte a través del Wii Nintendo. Razón y palabra, Num.69, Julio-Agosto, 2009. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Estado de México.
11. Rasgos de personalidad en pacientes con obesidad. Enseñanza e investigación en psicología, Vol. 16 Num.1, Enero- Junio, 201, pp. 115-123. Universidad Veracruzana, Jalapa México.

Validación de una estrategia de interacción de un agente corpóreo conversacional a través de la técnica del mago de Oz

Daniel Martínez García¹
(danielmtz601@gmail.com)

Néna Roa Seiler^{1,2}
(n.roa-seiler@napier.ac.uk)

¹Universidad Tecnológica de la Mixteca
División de Postgrado
Huaquapan de León, Oaxaca, C.P. 69000

Paul Craig¹
(p.craig@mixteco.utm.mx)

Ariadna Benítez Saucedo¹
(aribesa@gmail.com)

²Edinburgh Napier University
42 Colinton Road
Edinburgh, United Kingdom, EH10 5BT

RESUMEN

Los agentes corpóreos conversacionales son interfaces prometedoras en la interacción entre los humanos y los sistemas computacionales. Sin embargo para ser aceptables como los humanos virtuales que pretenden ser, necesitan ser capaces de mostrar una de las características que definen a los seres humanos: entender y expresar emociones durante una interacción. Este artículo presenta la implementación y la creación de un sistema de diálogo hablado humano-computadora aplicando la técnica del “Mago de Oz” (WoZ), la cual nos permitiría la obtención de un corpus para validar y mejorar el sistema. Nuestra plataforma multimodal está compuesta por un agente con características antropomórficas: caracterización y vestimenta de una mujer adulta en 3D, que posee expresiones gestuales emocionales, voz sintética, y combinación de síntesis de voz con expresiones faciales. Las características anteriormente mencionadas permitirán a los usuarios que interactúen con el sistema, haciéndoles creer que se encuentran conversando con un agente corpóreo inteligente. Para evaluar nuestro sistema de diálogo se necesita un número importante de experimentos de WoZ con el fin de compararlos y en los que se involucren diferentes comportamientos en el avatar por ejemplo: compasivo, alentador, inquisitivo, en espera, en escucha, interrumpido, confundido, sorprendido. En el presente artículo describimos el desarrollo del sistema, su gestación, su estructura, la metodología a seguir para la obtención del corpus y proponemos una interfaz gráfica.

Palabras clave del autor

Mago de Oz; agentes corpóreos; conversacionales; expresiones gestuales; sistema de diálogo hablado.

Clasificación de ACM

H.1.2.a Human factors

INTRODUCCIÓN

Los agentes conversacionales que interactúan con los humanos a través del diálogo hablado, se han convertido

probablemente en la comunicación más cercana a la utilizada por los humanos de manera intuitiva. Esta posee la voz, el tono de ésta, las expresiones gestuales, expresiones corporales, la mirada, el turno de la conversación. Todas estas características han formado parte del interés por parte de la ciencia de la Lingüística Computacional desde sus inicios.

En la creación de nuestro proyecto es necesario extraer una cantidad considerable de corpus. Para obtenerlo hemos elegido la técnica del WoZ, estas pruebas serán aplicadas en el laboratorio de usabilidad dentro de las instalaciones que se encuentran en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, esto nos permitirá mejorar el diseño de la interfaz de administración, evaluar el sistema del diálogo, con la finalidad de obtener una medición sobre la expectativa creada en los usuarios por parte del agente y del sistema en general.

La técnica de WoZ ha sido aplicada desde principios de la década de los ochenta, esta permite la recolección de corpus de diálogos persona-computador. El computador es simulado por una persona oculta que realiza todas o algunas de las funciones que realizará el sistema de diálogo definitivo [6]. De esta manera se desea obtener resultados que nos puedan ayudar a mejorar tanto el comportamiento del agente como la interacción humano-computadora de manera satisfactoria, así como agilizar la respuesta del sistema durante la fase de interacción.

IMPORTANCIA DE LOS AGENTES CONVERSACIONALES CORPÓREOS (ECA)

En la actualidad un buen número de investigaciones sobre futuras interfaces corresponden a los Agentes Animados Conversacionales o Agentes Corpóreos Conversacionales (en Inglés Embodied Conversational Agents), que por comodidad en este documento llamaremos ECAs.

Los ECAs ofrecen la posibilidad de combinar varios elementos utilizados en la comunicación cara a cara como los diálogos y las expresiones gestuales. Han sido ya

empleados para mejorar la interacción, gracias a ellos están emergiendo nuevas teorías de diseño de interfaces más naturales y confortables aunque queda aún un largo camino para mejorar la interacción gracias a la incorporación de elementos de la comunicación no verbal [9].

Hay algunas situaciones de interacción que un ECA podría ayudar y tener un efecto positivo. Puede por ejemplo mejorar el manejo oportuno y eficiente del turno. El lenguaje corporal y la expresividad de los agentes es importante no únicamente para reforzar el mensaje hablado, si no también cómo nos menciona Cassell [4], para regular el flujo del diálogo, así en caso de producirse un error, la utilización de un ECA, puede ayudar a retomar el curso del diálogo y así recuperarse del error, usando las características antropomórficas y expresiones faciales como corporales, a permitiendo un diálogo fluido. Los ECAs también pueden mejorar en la recuperación de errores. El proceso de reconocimiento permitiendo recuperación de errores que usualmente conducen a un seguro desagrado por parte del usuario frustrado [11]. También puede ayudar a reducir la frustración y debe hacerlo de la manera más efectiva que pueda [8]. Al igual que al entendimiento del estado del diálogo, un problema que se presenta continuamente, es cuando el usuario no sabe si el sistema está trabajando normalmente [12]. Los ejemplos mencionados anteriormente muestran como un ECA puede evitar y reducir problemas con el sistema.

TRABAJOS RELACIONADOS

A continuación mostramos trabajos similares al nuestro, en los cuales hacen uso de agentes. AVARI (Animated Virtual Agent Retrieving Information) [5] es una recepcionista virtual que brinda información usando un lenguaje natural y expresiones faciales, tono e ingeniosidad verbal, resultando accesible y efectivo; pertenece a la facultad de ciencias de la computación de la Universidad del Norte de Carolina en Charlotte (UNCC). FREUBOT [7] es un ECA que interactúa con estudiantes sobre conceptos de Sigmund Freud, adquiridos de la biografía del mismo personaje. Este ECA no fue programado para analizar o ayudar a los usuarios, pero si para platicar sobre las teorías de Freud. NEVA, ayuda a los lectores a buscar sus libros en la biblioteca. Es un avatar programado para asignar una personalidad a los usuarios, conociendo sus intereses y comportamientos. Ella fué desarrollada para el Centro de Documentación McLuhan de ISNM (*International School New Media*) en la Universidad de Lübeck, Alemania [3]. TQ-BOT es un asistente virtual que fue creado para ayudar a estudiantes y tutores asignándoles un proceso de aprendizaje con diferentes formas con preguntas y tareas usando las plataformas de aprendizaje Moodle o Claroline [10]. SAMIR [1] es un agente en 3D capaz de ayudar a los usuarios cuando buscan una tienda de libros en línea. Es capaz de aprender reglas de comportamiento para mejorar incluso el rendimiento de sus proposiciones. SUSANNA [2] es una ECA que habla con los usuarios desde una tienda de

libros en línea (BOL). SUSANNA colecta las necesidades, anhelos e intereses, de los usuarios estableciendo su perfil para hacerles recomendaciones de libros.

METODOLOGÍA DEL MAGO DE OZ A UTILIZAR

Muchos estudios han mostrado que los usuarios reaccionan de manera diferente, cuando interactúan con agentes sociales. En este proceso, influye la personalidad propia de cada persona, así como el ambiente en el cual las personas se encuentran inmersas.

Para obtener el corpus de diálogo, lo primero que se tiene pensado realizar es un *focus group*, en dónde debemos explicar el estudio que nos encontramos realizando a los posibles usuarios (profesores de idiomas que se encuentran en labores dentro de la Universidad Tecnológica de la Mixteca), y por consiguiente se les brindarán un cuestionario para recolectar sus pasatiempos, así como palabras o expresiones que ocupan de manera más cotidiana dependiendo de la situación o estado de ánimo en la que se encuentren, y después de eso poder agendar las fechas para la aplicación de la prueba del WoZ.

El segundo paso consistirá en aplicación de la prueba y estará formada por las siguientes etapas. Durante la etapa del *breve explicación*, se informará al usuario del propósito de las pruebas y las tareas que deben llevar a cabo (se montarán escenarios uno sobre sus pasatiempos y el otro sobre su estado emocional en ese día). El *fase del diálogo e interacción*, será el momento en que los participantes mantienen un diálogo con el sistema. El *cuestionamiento final*, es la etapa final en dónde se obtiene la impresión global del sistema, así como sugerencias. A partir de esto podremos analizar el corpus y mostrar el resultado de los experimentos.

Instrumentos a utilizar

Como mencionamos anteriormente, los experimentos del WoZ, se realizarán en un laboratorio de usabilidad, ubicado dentro del campus de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Este laboratorio, cuenta con videocámaras de registro (importante para la adquisición del corpus, a través de la transcripción), además que cuenta con un muro divisional en la cual se puede observar a los participantes del experimento, sin poder ser visto y/o escuchado. Los instrumentos que utilizaremos para esto serán: una computadora portátil, un monitor adicional conectado a la computadora, una diadema con audífonos y micrófono, mesas, sillas confortables y videocámaras con el respectivo equipo a utilizar para la grabación experimentos.

ARQUITECTURA DE NUESTRO MAGO DE OZ

Nuestra tarea consiste en facilitar la manipulación del panel de administración para el “mago”. Para poder hacer uso y manejo del panel de administración, debe tener los siguientes requisitos: Manejo gramatical y prosodial de la lengua inglesa; conocimientos en la interacción con sistemas de diálogo; conocimiento del desarrollo del

sistema y de las partes que integran el panel de control (previamente instruido).

El sistema se basa en un entorno gráfico el cual está conformado por secciones del panel de administración del WoZ que son los botones radiales, el avatar y la caja de texto. Los botones radiales representan cada una de las 8 posibilidades de interacción emocional que puede expresar el ECA: compasivo, alentador, inquisitivo, en espera, en escucha, interrumpido, confundido, sorprendido. Estos estados corresponden a comportamientos que el ECA va mostrar en función de la interacción que se esté realizando, por ejemplo si durante la conversación el ECA es interrumpido deberá mostrar una expresión facial y una expresión vocal que animen al usuario a continuar la conversación. Al pulsar con el ratón de la computadora sobre alguno de ellos, aleatoriamente se ejecuta una emoción. Actualmente el sistema cuenta con atajos de teclado debido a la necesidad de agilizar el procesamiento de respuesta de parte del mago. El avatar se encuentra en la parte derecha. Este es un agente animado en 3D (conocida bajo el nombre de “Samuela”), la cual presenta expresiones emocionales que le indique el “mago”, de tal forma que simule a un humano. Este agente animado fue diseñado e implementado con el software Haptek editor. El agente tiene como características antropomórficas: ojos azules, cabello rubio, lacio y largo, saco color blanco. La caja de texto es la parte de la interfaz en donde se escribe el texto que se desea enviar al servidor para convertirla en diálogo hablado (De Texto a Audio). Señalamos además que se encuentran dos botones en la parte derecha de la caja de texto, uno ejecuta la función que hace hablar a nuestro avatar (es decir lo que se encuentra escrito), y el otro ejecuta la expresión oral escrita en la caja de texto más la expresión facial (elegida) del avatar de manera sincronizada.

Estos elementos gráficos del panel de administración del WoZ se puede ver más abajo (la Figura 1). El panel ha sido desarrollado a través de los lenguajes HTML, Javascript y Java Server Pages (JSP). El diseño de la interfaz gráfica del panel de administración fue elaborado usando hojas de estilo en cascada (mejor conocido como CSS).

Para ejecutarse la aplicación hace uso de un servidor Tomcat 5 (Apache). Éste se arranca a través de scripts elaborados en el Shell de Windows, que a su vez ejecuta dos archivos ejecutables .JAR de Java.

El sistema actualmente se encuentra en pruebas en una máquina con un sistema operativo Windows Vista. La aplicación del panel de administración, así como el agente conversacional en 3D sólo puede ejecutarse en el navegador

Internet Explorer, debido al plugin de haptek de Microsoft, que es un software privativo.

El agente en 3D, como mencionamos anteriormente está diseñado en Haptek editor, un software que nos permite crear avatares permitiéndonos personalizarlos tanto las expresiones faciales como la posición y la forma de las cejas, la boca, etc. En nuestro caso el agente puede ejecutar 8 estados en los que el ECA puede aparecer enfrente de los usuarios por ejemplo el ECA puede mostrarse comprensivo, alegre, en escucha, neutral/ocioso, en modo de cuestionamiento, confundido, curioso, sorprendido.

Estos estados están compuestos de expresiones faciales y de expresiones vocales en correspondencia con la estrategia de interacción que el ECA debe mostrar. La ejecución de cada emoción sólo se puede realizar por medio de la captura de pulsar el botón izquierdo del ratón sobre cada elemento de los botones radiales (*radio buttons*) que corresponden a cada emoción, o incluso cambiando el foco de un botón radial a otro, a través del teclado. En la última implementación hecha a la aplicación se pueden ejecutar presionando un combinado de teclas (*shortcuts*), que ayudan a mejorar el dinamismo y la rapidez de respuesta en la aplicación.

Con respecto a la voz sintética que ocupa el agente, ésta es elegida y sintetizada a través del software SAPI 4 (Figura 2). El cual transforma texto a audio automáticamente. Este programa es el que configura la voz del avatar, en nuestra aplicación la configuración aplica la voz de “Elizabeth” que es una voz femenina con acento de Inglés Británico. SAPI 4 ofrece ciertas ventajas particulares tales como la opción de sincronización de los movimientos y expresiones faciales con la voz del avatar; la síntesis de la voz del avatar, es lo más cercana a una voz humana, con respecto a otros sintetizadores; acepta diálogos hablados en diferentes idiomas. Mientras que con el software TTS (*Text-to-Speech*), es una de las tecnologías más maduras en lo que se refiere a reconocimiento de diálogo textual a audio.

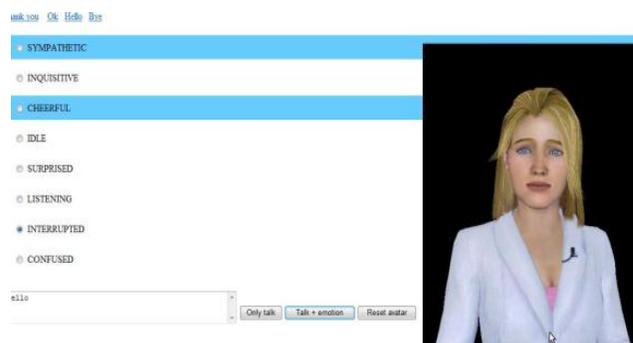


Figura 1. Interfaz del panel de administración.

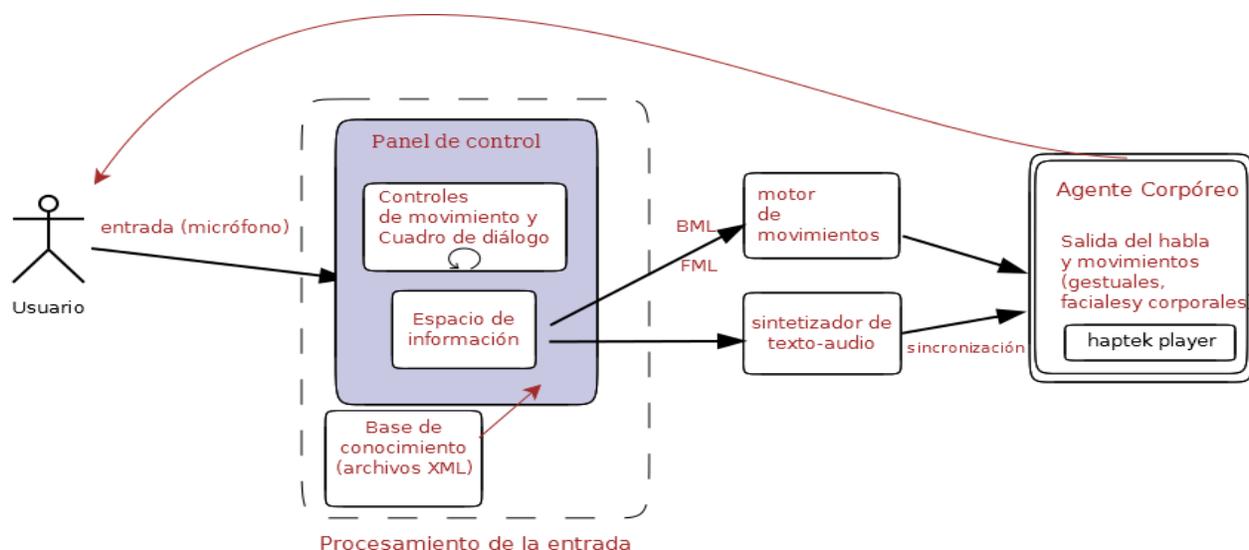


Figura 2: Arquitectura del Mago de Oz.

CONCLUSIÓN

De acuerdo al trabajo emprendido hasta el momento, estamos conscientes de los problemas que se puedan suscitar dentro de la aplicación de cada una de los experimentos del Mago de Oz para con los participantes, como en todo experimento pueden suceder problemas técnicos, así como no se pueden descartar problemas con el sistema (software y hardware), o en su defecto con el manejo del panel de administración. El panel, actualmente se encuentra en una versión estable, sin embargo se mejorará para dar una buena imagen y mayor confortabilidad al administrador que lo use. Para mejorar la interfaz gráfica se aplicará un estilo a través de la codificación de hojas de estilo (CSS), en conjunción con el lenguaje HTML. Y en futuro cercano se tiene pensado crear una base de conocimiento que pueda ayudar al administrador en el manejo del avatar y en situaciones o escenarios determinados.

REFERENCIAS

1. Abbattista, F., Catucci, G., Semeraro, G., Zambetta, F. SAMIR: A Smart 3D Assistant on the Web. *PsychNology Journal* (2004), 2(1), 43-60.
2. Abbattista F., Lops P., Semeraro G., Andersen V., Andersen H. Evaluating virtual agents for e-commerce. In: *Workshop Embodied conversational agents*. AAMAS (2002), Bologna, Italy.
3. Ahad, A. *Neva: A Conversational Agent Based Interface for Library Information Systems*. Master's thesis, University of Lübeck, Germany, June 2005.
4. Bickmore, T., Cassell, J., Van Kuppevelt, J., Dybkjaer, L. and Bernsen, N. (eds.), *Natural, Intelligent and effective Interaction with Multimodal Dialogue Systems*, chapter Social Dialogue with Embodied Conversational Agents. Kluwer Academic, 2004.
5. Cairco, L., Dale-Marie, W., Fowler, V., LeBlanc, M. AVARI: animated virtual agent retrieving information, in *Proc. The 47th Annual Southeast Regional Conference* (2009), March 19-21, 2009, Clemson, South Carolina.
6. Dahlbäck, N., Jönsson, A. y Ahrenberg, L. Wizard of Oz Studies – Why and How. En: Gray, W. D., Hefley, W. E. y Murray, D. Editores, in *Proc. International Workshop on Intelligent User Interfaces (IUI 1993)*, Orlando, 1993. 193-200.
7. Heller, R. B., Procter, M., Mah, D., Jewell, L., Cheung, B. Freudbot: An Investigation of Chatbot Technology in Distance Education. In *Proc. The World Conference on Multimedia, Hypermedia, and Telecommunications* (2005).
8. Hone, K., Animated Agents to reduce user frustration, in *The 19th British HCI Group Annual Conference*, Edinburgh, UK, 2005.
9. Massaro, D. W., Cohen, M. M., Beskow, J., and Cole, R. A., Developing and evaluating conversational agents. In *Embodied Conversational Agents MIT Press*, Cambridge (2000), MA, 287-318.
10. Mikic, F. A., Burguillo, J. C., Llamas, M. TQ-Bot: An AIML-based Tutor and Evaluator Bot. *Journal of Universal Computer Science* (JUCS 2010), Verlag der Technischen Universität Graz, Austria, 1486-1495.
11. Oviatt, S. & VanGent R., Error resolution during multimodal humancomputer interaction. In *Proc. International Conference on Spoken Language Processing*, 1 (1996), 204-207.
12. Oviatt, S. Interface techniques for minimizing disfluent input to spoken language systems. In *Proc. CHI'94*, ACM Press (1994), 205-210.